KUČERA

NOVOVJEKI IZUMI

15563

TELEGRAF I TELEFON BEZ ŽICA (T. B. Ž)

NAPISAO
Dr. OTON KUČERA

SA 57 SLIKA U TEKSTU

ZAGREB
TISAK „TIPOGRAFIJA“ D. D.
1 9 2 5

NOVOVJEKI IZUMI

U NAUCI OBRTU I UMJETNOSTI

KNJIGA PETA

Dr. O. KUČERA: TELEGRAF I TELEFON BEZ ŽICA (T. B. Ž.).

SA 57 SLIKA U TEKSTU

Remetski Varhovac 10. VII. 926.

ZAGREB
REDOVNO IZDANJE MATICE HRVATSKE ZA G. 1923.
1 9 2 5

SADRŽAJ

DIO PRVI

	Strana
Pristup	3
Fizikalni pojavi i zakoni	8—49
1. Titranje	8—14
2. Valovi i zrake	15—22
1. Valovi na vodi	15—17
2. Valovi zvučni	17—19
3. Valovi svjetlosti	19—20
4. Valovi električni	20—22
3. Pojavi električne indukcije	22—26
1. Magneto-indukcija	22—23
2. Volta-indukcija	23—24
3. Vlastita indukcija	24—25
4. Električni aparati	25
4. Zakoni jednake i izmjenične struje	26—43
a. Množina elektriciteta i napetost konduktora	26—28
b. Zakoni jednake struje	28—32
c. Osobiti pojavi i zakoni izmjenične struje	32—35
d. Vlastita indukcija kod izmjenične struje	35—39
e. Kapaciteta u krugu izmjenične struje	39—43
5 **Pojavi i zakoni elektronskih cijevi**	43—49
a. Katodne cijevi usjane katode	43—47
b. Elektronska cijev s rešetkom	47—49

DIO DRUGI.

Telegraf bez žica (T. B. Ž.)

1. Hertzovi električni titraji i valovi . . . . . 50—52
   a. Postaja šiljačica . . . . . 53—54
   b. Postaja primalica . . . . . 54—55
2. Dalji razvitak postaje šiljačice . . . . . 56—62
3. Postaja primalica . . . . . 62—68
4. Utišani i neutišani titraji na postaji šiljačici . . . 68—71
5. Antene . . . . . 71—73
6. Dalji razvitak postaje primalice . . . . . 73—77
7. Postaja šiljačica neutišanih valova 77
   Postaja primalica neutišanih valova 78
   Elektronska cijev kao titrač na postaji šiljačici . . 78—81
8. Postaja primalica za neutišane valove cijevnih šiljača . 81—83

DIO TREĆI.

Telefon bez žica.

1. Princip telefona sa žicama . . . . . 84—87
2. Princip telefona bez žica (T. B. Ž.) . . . . . 87—88
3. Shema moderne postaje šiljačice telefona bez žica . . 88—89
4. Moderna postaja za primanje glasova . . . . . 89—93
   1. Uredbe za prenošenje glasova u postaji šiljačici 93
   2. Uredbe na postaji primalici 94
      a. Postaja primalica s ultraaudionom 95
      b. Elektronske cijevi kao pojačaoci niske frekvencije 96
      c. Elektronske cijevi kao pojačaoci visoke frekvencije 97
      d. Jednostavna postaja primalica s detektorom 98—100
      e. Postaja primalica s pojačaocima . . . . 100—101
   3. Smetnje kod prenošenja glasova . . . . . 101—102

POPIS SLIKA.

Sl. 1. Titranje po pravcu, kružnici i elipsi na str. 9.
„ 2. Razlika faze kod titranja dviju drobnica, str. 11.
„ 3. Nejednoliko titranje po pravcu, str. 12.
„ 4. Diagrami različnih titranja, str. 13.
„ 5. Utišavanje titrajâ, str. 14.
„ 6. Veoma naglo utišavanje titraja, str .15.
„ 7. Postanje vala u nizu drobnica i dužina vala, str. 16.
„ 8. Napredovanje jednoga vala u nizu drobnica, str. 17.
„ 9. Osnovni pokus magnetoindukcije, str. 22.
„ 10. Osnovni pokus voltaindukcije, str. 24.
„ 11. Ampermetar do 200 ampera, str. 30,
„ 12. Voltmetar do 120 volta, str. 31.
„ 13. Diagram pravilne (obične) izmjenične struje, str. 32.
„ 14. Diagram nepravilne izmjenične struje, str. 33.
„ 15. Diagram raskomadane izmjenične struje, str. 34.
„ 16. Podudaranje faze jakosti i napetosti izmj. struje, str. 35.
„ 17. Razlika faze jakosti i napetosti izmj. struje, str. 35.
„ 18. Wattmetar za mjerenje efekta izmj. struje, str. 39.
„ 19. Trajna izmjenična struja u prekinutu krugu, str. 40.
„ 20. Princip katodne cijevi s usjanom katodom, str. 44.
„ 20a. Diagram za izbijanje elektrona rastenjem temperature, str. 45.
„ 20b. Karakteristika elektronske cijevi za 2 temperature, str. 46.
„ 21. Princip elektronske cijevi s rešetkom, str. 47.
„ 22. Elektronska cijev s rešetkom, str. 48.
„ 23. Raspored Hertzovih pokusa o električnim valovima, str. 52.
„ 24. Princip postaje šiljačice sa zatvorenim krugom titraja, tr. 56.
„ 25. Induktivno vezivanje zatvorenoga kruga s antenom, str. 59.
„ 26. Direktno sklapanje zatvorenoga kruga s antenom, str. 60.
„ 27. Kontaktni ili kristalni otkrivač (detektor) valova, str. 63.
„ 28. Postaja primalica s kontaktnim detektorom u principu, str. 64.
„ 29. Vrtežni kondenzator ili promjenljiva kapaciteta, str. 66.

„ 30. Variometar ili promjenljiva vlastita indukcija, str. 66.
„ 31. Izgrađena postaja šiljačica po C. Lorenzu, str. 70.
„ 32. T-antena, str. 71.
„ 33. L-antena ili slomljena antena, str. 72.
„ 34. Štitolika antena, str. 72.
„ 35. Okvirna antena, str. 72.
„ 36. Lepezasta antena na brodovima, str. 73.
„ 37. Postaja primalica s detektorom i uklopljenim elementom, str. 73.
„ 38. Djelovanje detektora (otkrivača) na dolazeće elektr. valove, str. 74.
„ 39. Sklapanje postaje primalice s audionom, str. 75.
„ 40. Poulsenov izum za neutišane valove sa svijetlim lukom, str. 76.
„ 41. Sklapanje postaje šiljačice s elektronskom cijevi kao pošiljačem neutišanih valova, str. 78.
„ 42. Moderna elektronska cijev šiljačica (Telefunken), str. 79.
„ 43. Treptanje tona, str. 81.
„ 44. Sklapanje postaje primalice neutišanih valova s pomoću treptanja, str. 82.
„ 45. Raspored mikrofonsko-telefonske postaje s 1 elementom, str. 84.
„ 46. Mikrofonsko-telefonska postaja s uklopljenim pojačaocem od 1 cijevi, str. 85.
„ 47. Niz neutišanih valova izobličen valovima kod izgovaranja riječi »B-o-ot«, str. 88.
„ 48. Raspored postaje šiljačice s 1 elektronskom cijevi, koja je titrač, str. 88.
„ 49. Izgrađena postaja primalica od C. Lorenza, str. 91.
„ 50. Jednostavna postaja primalica Telefunken s 1 elektronskom cijevi, str. 92.
„ 51. Sklapanje postaje primalice s 1 elektr. cijevi (ultraaudion), str. 95.
„ 52. Pojačalac niske frekvencije s 3 elektronske cijevi, str. 96.
„ 53. Pojačalac visoke frekvencije s 3 elektronske cijevi, str. 97.
„ 54. Izgrađena jednostavna postaja primalica s kontaktnim dedektorom za 30—50 km po Huthu, str. 99.
„ 55. Izgrađena potpuna postaja primalica (Siemens i Halske) s 3 ormarića: pojačaocem visoke frekvencije, audionom i pojačaocem niske frekvencije, str. 100.

PREDGOVOR

Nastavljajući nakon duže stanke svoje »Novovjeke izume« (posljednja 4. knjiga izišla je g. 1913.), daje »Matica Hrvatska« u ovoj 5. knjizi svojim članovima u ruke knjižicu, kojoj je svrha, da tek u najkrupnijim crtama opiše i razjasni osnovne uredbe jednoga izuma posljednjih desetgodišta, koji je u najširim vrstama svih obrazovanih naroda pobudio zanimanje, kakovom do sada nema premca. Navlastito od časa, kada se je pokazalo, da se g o v o r dade bez žica prenositi na velike daljine, nastalo je neobično gibanje najprije u Americi i Engleskoj, koje se brzo širi po čitavoj Evropi. Došlo je i do nas, pa se osjetila potreba, da se razumijevanje ovoga zaista velebnoga izuma što razumljivijim načinom ponese u široke vrste hrvatskoga naroda. Stvar baš nije lahka, pa i ova knjižica hoće da bude proučena i ne može da bude čitana tek za zabavu. Literatura je o tom i stručna i popularna vanredno velika. Glavna su upotrijebljena djela Graetza, Lertesa, Günthera i Fuchsa i dr., iz kojih su i slike uzete. Prvobitno je bilo zamišljeno, da se stvar izradi u knjizi dvostrukoga opsega. Prilike ne dadoše toga, pa je mnogo toga trebalo izostaviti, a ostalo što više stegnuti, a to nije na uhar razumljivosti. Hvala »Matici Hrvatskoj«, što je i u ovim teškim vremenima knjižicu lijepo opremila slikama, pa tim znatno pomogla razumijevanju stvari.

U Z a g r e b u, koncem g. 1925.

Pisac.

PRISTUP

Godine 1843. predana je prometu prva telegrafska linija po sustavu M o r s e o v u izgrađena u Americi između gradova Washington i Baltimore. Još je na životu dosta ljudi, koji su to čudo od izuma fizičara doživjeli. A ne bijaše ni šala. Između oba se grada razapela ž i c a, mrtva i nepomična. No kako bi joj čovjek preko ključa Morseova predao neke odabrane znakove, složene od točaka i kratkih pravaca, oživjele bi sprave, namještene na drugom kraju žice, i vjerno bi ponavljale znakove predane žici. A sve bi se to događalo u i s t o m t r e n u, kada su znaci predani žici: za prenošenje znakova s jednoga kraja žice, dugačke mnogo kilometara, ne treba gotovo ništa v r e m e n a, a Morseova ih sprava još k tomu zabilježi na vrpci papira, da se trajno sačuvaju i ponovno čitaju, ako treba. Tajanstvena i čudesna sila »e l e k t r i c i t e t a« izvodi to čudo. Dva su njezina svojstva, koja se upotrijebiše: 1. ona na vodičima (žicama) leti brzinom jednakom brzini svjetlosti t. j. 300.000 kilometara u jednoj sekundi. Uzmemo li na um, da je čitavi ekvator Zemlje dugačak samo 40.000 kilometara, elektriciteta ga u cigloj 1 sekundi obleti 7 puta i više, pa za Morseov telegraf iščezavaju sve daljine zemaljske i 2. elektriciteta leti samo uzduž razapetih žica i ne ide u stranu, pa joj možeš dati svagda određen smjer, koji želiš.

Tada bijaše to čudo neviđeno. Danas, 80 godina poslije toga, svako dijete zna nešto o »e l e k t r i č n o j s t r u j i«, koja strjelimice leti po žicama telegrafa i telefona stotine i tisuće kilometara daleko, o pojavima i za-

konima njezinima i o preznamenitim učincima njezinima, koji omogućiše ovakovo prenošenje slova »Morseova alfabeta«, danas gotovo poznatoga toliko kao i običnoga alfabeta latinice.

Kada je opet g. 1877. došla iz Amerike vijest, da je profesoru fizike Grahamu Bellu uspjelo preko razapetih žica s pomoću električne struje prenositi čovjekov glas nekoliko kilometara daleko tolikom čistotom, da prepoznaješ po glasu govornika, osupnula je ta vijest Evropu tako jako, da su je velike i ozbiljne novine evropske u prvi mah proglasile američkim humbugom. Nije prošlo evo ni 50 godina, pa tko bi znao prebrojiti »dalekoglasce« ili »telefone«, koji se danas upotrebljavaju? Prenosilac je glasa opet električna struja, koja ga strjelovitom brzinom prenosi stotine i tisuće kilometara daleko u tren oka gotovo neoslabljena i nepromijenjena preko razapetih žica.

Ma koliko čudesna bila ta dva izuma fizike iz područja elektricitete, navlastito drugi, još je puno snažnije na sav prosvijetljeni svijet djelovao glas, što ga je svijetom pronio telegraf, da je početkom godine 1902. uspjelo mladom talijanskomu inžiniru Marconi-ju nakon nekoliko manjih pokusa poslati iz Poldhua u Engleskoj preko čitavoga atlantskoga oceana u New-Foundland u Americi (Udružene države sjeverne Amerike) znakove Morseova alfabeta bez ikakvih žica ili kabela — kroz atmosferu: elektriciteta dakle ne treba ni žica, da brzinom svjetlosti preleti 5000 kilometara! I ova »telegrafija bez žica« (T. B. Ž.) (francuski: telegraphie sans file = T. S. F., njemački: Drahtlose Telegraphie) za ovih je 20 godina već osvojila svijet. Prije toga se činilo, da je elektriciteta u svom gibanju vezana uz »žice provodnice«, pa da za prenošenje njezinih učinaka u daljinu nema puta bez tih skupocjenih žica, kada se radi s velikim daljinama. Sada je bilo jasno, da je to bilo samo nedovoljno znanje naše o pojavima i zakonima elektricitete. Dublja naučna spoznaja električnih pojava, na osnovi istraživanja našega Ličanina Nikole Tesle, Rusa A. Stefanovića-Popova i navlastito

Nijemca Heinricha Hertza (1857—1894), profesora fizike u Bonnu, urodila je nakon nekoliko godina izumom, da za prenošenje Morseovih znakova tih žica uopće ne treba. Danas velika štacija Nauen kod Berlina može da šalje brzojave u Morseovu alfabetu u Novu Zelandiju i u Honolulu t. j. 18.000 kilometara daleko.

Od telegrafa bez žica do telefona bez žica bijaše još samo jedan korak. Prenošenje čovjekova glasa u najveće daljine s pomoću elektricitete ali bez žica provodnica uspjelo je najprije g. 1906. i 1907. R. A. Fessendenu do 320 kilometara. No tek poslije rata najednoč je zahvatilo neobičnom brzinom i žestinom zanimanje za »telefon bez žica« najšire krugove svijeta naročito u Americi i Engleskoj, gotovo kao neka epidemija, koja se velikom brzinom širi po čitavom svijetu našem — žalibože ne toliko u svrhu toli nužne pouke, koliko u svrhu zabave prema onoj: panem et circenses.

Na sve se strane grade veće i manje, bolje i lošije »stacije za pošiljanje« glasova, a nebrojeni »aparati za primanje« tih glasova u domovima ljudi posreduju slušanje govora, pjevanja i glazbe s najdaljih strana svijeta (broadcasting). Već je g. 1921. stacija za šiljanje Königswusternhausen doprla do 3.500 kilometara, a Nauen može da šalje glas i do 4340 kilometara od ishodišta na sve strane! Čudovište je najveće naših dana »telefon bez žica«. On je danas još u početku svoga razvitka, no ipak se već sada javlja u obrazovanim krugovima velika težnja za stvarnim razumijevanjem, kako je to moguće, da se glas neoslabljen gotovo može s pomoću elektricitete, a ipak bez ikakvih žica kroz uzduh prenositi s jednoga kraja našega planeta na drugi. Ovoj je knjizi svrha, da bez naučnoga aparata pokuša širokim vrstama naše inteligencije to razumijevanje donijeti, aparate za to opisati i razjasniti, u njihovu porabu uputiti.

Da se glas preko žica provodnica s pomoću električne struje dade prenositi, to nam je od posljednjih decenija postalo nešto običnoga, pa se gotovo na tom ni ne ustav-

ljamo, ali najnovije čudo, da se to može činiti i bez žica, to je poradi svoje novosti duhove vanredno zaokupilo. Pa ipak treba istaknuti, da nam je svakomu priroda sama dala »dalekoglas bez žica« i mi nosimo na svom tijelu potpuni takav dvostruki aparat, štaciju za šiljanje glasa bez žica kroz uzduh (grlo) i aparat za primanje glasova, koji dolaze kroz uzduh (uho). Ako ovaj »prirodni telefon bez žica« i ne seže stotine kilometara daleko, u njem je telefonija bez žica u principu riješena. Samo svakidanja poraba toga dara Božijega čini, da na to obično ni ne mislimo. U grlu po našoj volji glasove govora i pjesme izvodimo i otvarajući po određenom ritmu usta šaljemo ih na pr. s jednoga brežuljka u uzduh. Na drugim brežuljcima okolo na okolo nebrojeni ih ljudi mogu u isti mah primati i slušati u isti čas na svoje prirodne aparate za primanje glasova — na svoja dva zdrava uha. Koliko jednostavan, toliko i savršen »telefon bez žica« za određene ne prevelike daljine. Uredbu i djelovanje toga našega prirodnoga telefona bez žica, kod kojega elektriciteta nema nikakva utjecaja, može čitalac iz svake fizike upoznati.[1]) Ne će pogriješiti, ako to učini, jer će si time olakšati temeljito razumijevanje najnovijih dvaju krasnih plodova fizikalne nauke, o kojima raspravlja ova knjižica: telegrafa bez žica i telefona bez žica.

Mi imamo pače već od pradavnih vremena i »telegraf bez žica« (T. B. Ž.) poznat uz ime »optički telegraf«. Već je Klytemnestra doznala za pad 555 km udaljene Troje plamenim znakovima. Ovaj način brzoga šiljanja vijesti vatrama s jednoga brijega na drugi mnogo se upotrebljava u različnim preinakama sve do optičkoga telegrafa braće Chape (čitaj: Šàp, g. 1789—1792), kojim je vijest g. 1794. poslana iz Pariza u Lille preko 20 postaja za 2 minute. Pa napokon i svjetionici na morima

[1]) Isporedi na pr. knjigu: Kučera, Valovi i zrake. Izdanje Matice Hrvatske. Zagreb 1903. str. 43.—151.; navlastito za uho str. 140., a str. 113. za grlo. — Za razumijevanje telegrafa i telefona bez žica isporedi i str. 375.—394.

u neku su ruku telegrafi bez žica. Pošiljač je vatra, koja gori, primalac je čovjekovo oko, a prenosilac je svemirski eter, koji titraje u izvoru svjetlosti prenosi brzinom od 300.000 kilometara u sekundi. Kako se u najnovije doba (Maxwell 1864.) pokazalo, da su i titraji svjetlosti električne prirode, imamo zapravo od prastarih vremena čak električni telegraf bez žica!

Pa ako se pravo uzme, što je gledanje zvjezdanoga neba nego vječno funkcioniranje jednoga velebnoga prirodnoga telegrafa bez žica na daljine svemirske ne samo na tisuće kilometara, nego na tisuće godina svjetlosti (1 god. svjetlosti = gotovo 9.5 milijarda kilometara!)? Svaka zvijezda stajačica vjekovna je »stanica — šiljačica« električnih valova svjetlosnih dimenzija, koja neprekidno radi, pa nas treptavom svojom svjetlošću kao da poziva: primajte te valove i učite njihove poruke. A nas je priroda obdarila veoma osjetljivom »stanicom — primalicom« za te električne valove — okom. Znakove svjetlosnih valova, što ulaze u oko, naučio je čovjek čitati, kako treba, tek na osnovi otkrića spektralne analize (Kirchoff i Bunsen g. 1859.), a to učenje traje i danas, donoseći nam sveudilj preznamite nove spoznaje o tajnama prirode.

*

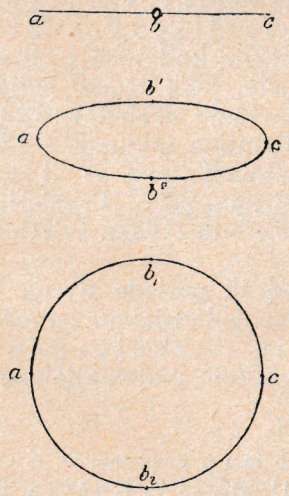
* *

Tko hoće da razumije uredbu modernoga telegrafa i telefona, pa da razborito upotrebljava te aparate, treba da poznaje neke određene prirodne, fizikalne pojave i njihove zakone. Premda se ovdje ne mogu tumačiti, dobro će doći čitaocima prijegled tih pojava i zakona, pribran u prvom dijelu ove knjižice uz uputu, gdje se može o tom iz bližega obavijestiti u hrvatskoj književnosti. U drugom se dijelu pokazuje, kako su nauka i tehnika u složnom radu umjeli, da preko spoznaje tih pojava i zakona obdare čovjeka prvim počecima tako zamašnoga i za kulturni razvitak korisnoga izuma. Do njega će biti, hoće li ga znati i htjeti upotrijebiti na svoje dobro ili će i taj izum njemu biti — puška u ruci djeteta!

DIO PRVI

FIZIKALNI POJAVI I ZAKONI

1. **Titranje.** — 1. Kada materijalna drobnica (sl. 1.) oko nekoga srednjega položaja *b* tamo i amo izvršuje gibanje (*bc* + *cb* + *ba* + *ab*), velimo: drobnica »t i t r a« oko *b* po pravcu. Tomu osebujnomu, u prirodi nada sve



Sl. 1. Titranje po pravcu, kružnici i elipsi

važnomu, gdjekada vidljivom, no često tjelesnomu oku nevidljivomu gibanju daje nauka ime: »t i t r a n j e« ili »n j i h a n j e« drobnice (francuski: oscillation; njemački:

die Schwingung).[2]) Može biti po pravcu ili po kojoj krivulji (elipsi, kružnici i t. d.; eliptično, kružno ili cirkularno titranje drobnice). Svima je tima gibanjima zajedničko svojstvo, da drobnica ponovno prevaljuje isti put i u prostoru ostaje na svom srednjem mjestu. Otuda im i zajedničko ime »periodična gibanja«. — Put od *a* do *c* je »1 polutitraj«, a put *ac* + *ca* »1 potpuni titraj«. Najveća daljina drobnice od srednjega položaja, daljina *ba* ili *bc* je »zamah« ili »amplituda« titraja. Po njem se sudi veličina ili žestina titranja. — Za svaki potpuni titraj treba drobnica jednako i određeno vrijeme; tom vremenu dajemo ime »trajanje titraja« ili također »perioda« titranja (franc.: durée d'oscillation; njem.: die Schwingungsdauer). Mjeri se u sekundama ili u dijelovima sekunde i označuje obično slovom *T* (tempus = vrijeme). Svakomu prirodnomu tijelu, kojemu drobnice trajno titraju, dajemo zgodno ime »titrač« ili »oscilator«. — Primjeri: drobnice napete žice izvršuju kod tona *a* titraje, koji traju $^1/_{435}$ sekunde. — U tijelu, koje trajno svijetli istom crvenom svjetlošću, izvršuju drobnice titraje, kojima je perioda samo $^1/_{400}$ bilijuntina sekunde. — Broj titraja izvršenih u 1 čitavoj **sekundi** zove se »titrajni broj« ili frekvencija« titrača (*n*). — Primjeri: ton *a* ima titrajni broj $n = 435$; spomenuta crvena svjetlost ima frekvenciju $n = 400$ bilijuna.

Između trajanja ili periode titraja *T* i frekvencije *n* postoji dakle veoma jednostavan odnošaj:

frekvencija = recipročna vrijednost periode ili u kratkom matematičkom govoru:

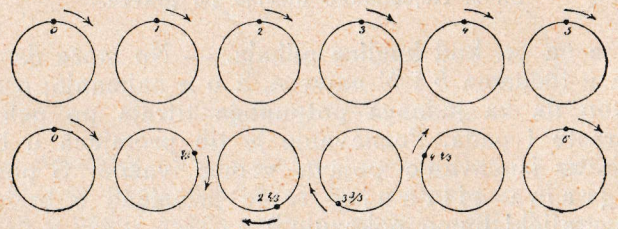
$$n = \frac{1}{T} \ldots 1) \text{ i } T = \frac{1}{n} \ldots 2).$$

[2]) Pobliže i više o tom u knjigama: O. Kučera, Valovi i zrake. Zagreb, 1903. Strana 11.—42. — O. Kučera, Gibanja i sile. Zagreb, 1916. Strana 249—303 i strana 219—257. — O. Kučera: fizika. VII. izdanje. Zagreb 1923. Strana 128—132 i str. 192—194 i str. 197—208. O. Kučera: Eksperimentalna fizika. Zagreb 1902. Str. 207—224. S. Hondl: Fizika za više razrede. Zagreb, 1922. str. 48—49 i str. 264—282.

Bilješka. Kod eliptičnih titraja uzima se za amplitudu titraja polovina velike osovine elipse, a kod kružnih polumjer kruga.

2. Uspoređujući titranja dviju drobnica moći ćemo često opaziti, da su jednakoga trajanja i uz to jednakoga ili nejednakoga zamaha. Ako još k tomu obje drobnice u isti čas počinju i završuju svoje titraje, velimo, da drobnice titraju »bez razlike faze« ili da je to »titranje s razlikom faze nula« (Primjer: drobnice napete titrajuće žice tona *a*). — Drobnice u tom slučaju izvršuju »stojno titranje«. — No često imaju titraji dviju drobnica i jednako trajanje i jednake zamahe (amplitude), pa ipak ne titraju posve jednako. U času, kada jedna polazi iz srednjega položaja *b* na desno (sl. 1.), druga je već u *c* t. j. od srednjega položaja udaljena za $^1/_4$ potpunoga titraja; kada prva drobnica stigne u *c*, druga se vratila u srednji položaj i t. d. — Te dvije drobnice titraju doduše s istim brojem i zamahom, ali im je »razlika faze« jednaka $^1/_4$ titraja i ostaje tolika, makar kako dugo titrale obje drobnice.

Zakon: Kod dva titraja **jednake** periode (jednakoga trajanja), ostaje razlika faze za čitavoga gibanja **jednaka** (konstantna).

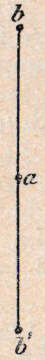


Sl. 2. Razlika faze kod titranja dviju drobnica.

Ako su pak titranja drobnica nejednakoga trajanja (nejednake periode), razlika se fazâ neprestano mijenja. To lijepo pokazuje sl. 2. za kružna titranja dviju drobnica, kod kojih gornja svrši samo 5 titraja, dok ih donja svrši 6.

Zakon: Kod dva titranja **nejednake periode** razlika se faza neprestano mijenja između **nule i 1 titraja.**

3. Brzina titranja (sl. 1.) može da bude stalna (konstantna) u svakoj točki puta od *a* do *b* i *c* i natrag. No ona se može i mijenjati na najrazličnije načine (»promjenljiva« ili »variabilna« brzina). Na pr. kada je drobnica u točkama *b* i *b'* (sl. 3.), brzina joj je nula (minimum); od njih do *a* raste; tu je najveća (maksimum), a na putu od *a* do *b* ili do *b'* brzina se umanjuje sve do nule.



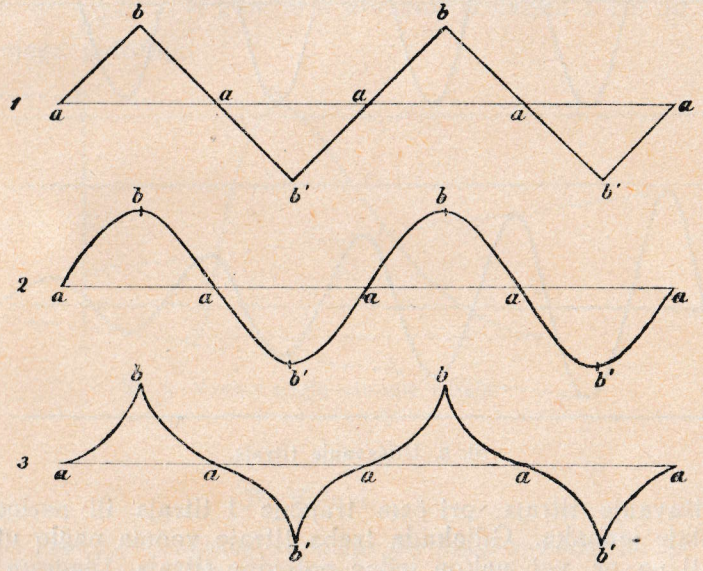
Sl. 3. Nejednoliko titranje po pravcu.

Tako je na pr. kod kuglice njihala. — No može da bude brzina u točkama *b* i *b'* najveća, a u *a* najmanja; a može napokon da za jednoga potpunoga titraja po nekoliko puta raste i pada. Poznavanje je tih promjena u brzini titranja za izučavanje pojava veoma važno. S pomoću »diagrama titranja« te se promjene u brzini titranja grafički lijepo pokazuju.[3])

Od svih mogućih titranja drobnicâ najčešće se javlja u prirodi ovo: drobnica titra veoma velikim brojem titraja (velikom frekvencijom) po pravcu (sl. 3.); brzina joj je najveća kod prolaženja kroz srednji položaj *a*;

[3]) Isp. O. Kučera: Gibanja i sile Str. 243—246.

kod gibanja od *a* ka krajnjim položajima *b* i *b'* brzina se neprekidno umanjuje sve do nule, a na povratku s njih k srednjemu položaju *a* raste do pređašnjega maksimuma. Ali ubrženje i usporenje drobnice nije za čitavoga titraja jednako, nego se uvećava razmjerno s daljinom od srednjega položaja. Tomu osobitomu titranju drobnice dala je nauka ime »harmoničko gibanje« drobnice. Na diagramu (sl. 4.) se odmah oči-

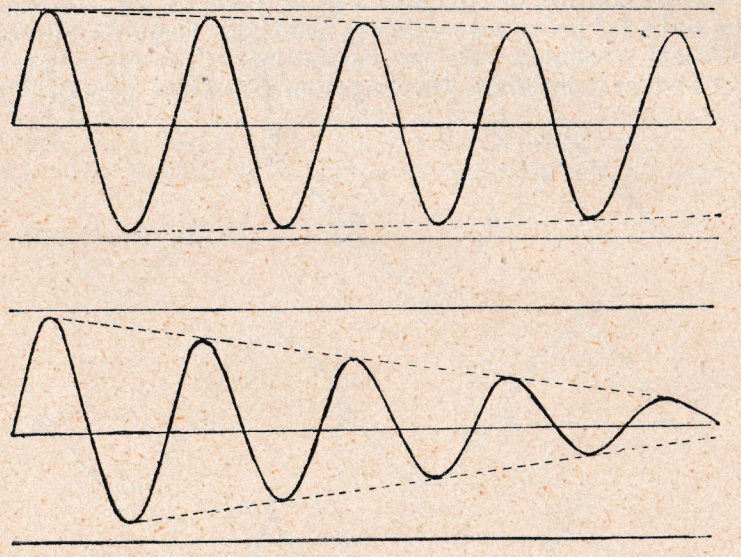


Sl. 4 Diagrami različnih titranja.

tuje po poznatoj »valovitoj crti« (br. 2.). Ona postaje, ako se papir jednoliko pomiče na lijevo, dok drobnica *a* uzduž svoga pravca izvršuje svoje harmonično gibanje.

4. Ako drobnica duže vremena titra, redovito će zamasi (amplitude) titrajâ poradi različnih zapreka malo po malo postajati sve manji, dok napokon titranje ne usahne posve (primjer: kuglica njihala). Trajanje 1 titraja (*T*)

ostaje ipak i za te velike i male titraje posve jednako. Tomu slabljenju amplitude dajemo ime »utišavanje titrajâ« (franc.: l'affaiblissement; njem.: die Dämpfung). Diagram (sl. 5.) pokazuje polagano i brzo



Sl. 5. Utišavanje titrajâ.

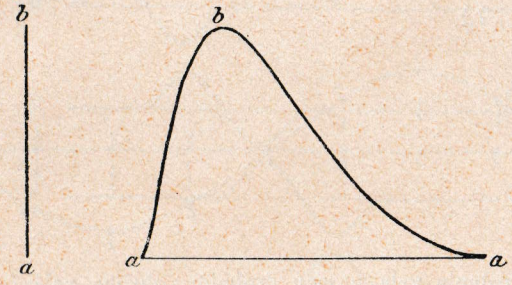
utišavanje titraja, pri čem trajanje 1 titraja ili perioda ostaje jednaka. Gdjekada treba titraje veoma naglo utišati na pr. već nakon jedne polovine titraja. Diagram u tom slučaju pokazuje samo gornji dio valovite crte (sl. 6.).

5. Ne samo pojavi zvuka i svjetlosti, nego i mnogi električni pojavi, i to baš oni, na kojima se osniva izum telegrafa i telefona bez žica, imaju svoj izvor u trajnom titranju drobnica, ponajčešće harmoničnoga gibanja. Tu je radi toga osobito važno pitanje: o čem zavisi kod harmoničnoga gibanja trajanje 1 titraja (T)? Jasno je svakomu, da će trajanje 1 titraja biti to manje, što je veće ubrženje (u). Mehanika je taj odnošaj umjela općeno izraziti osnovnim zakonom za harmonična titranja, po kojem se pače može računom odrediti trajanje 1 titraja, ako se zna, koliko mu je ubrženje (u) u daljini od 1 cm od srednjega položaja. Neka taj veoma važni zakon nađe i ovdje mjesta:

$$\text{Trajanje 1 titraja} = \frac{\text{dvostruki Ludolfov broj}}{\text{drugi korijen iz ubrženja.}}$$

U kratkom matematičnom govoru:

$T = \frac{2\pi}{\sqrt{u}}$, ... 3) gdje je u ubrženje u daljini 1 cm od sred-njega položaja.



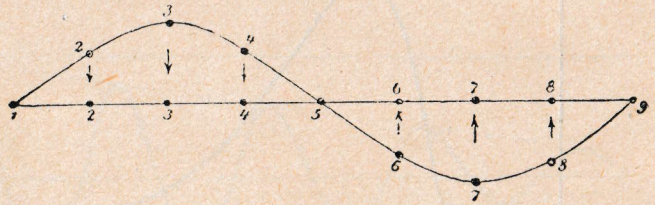
Sl. 6. Veoma naglo utišanje titraja.

II. Valovi.

1. Titranje drobnica se malo po malo prenosi iz izvora na drobnice u čitavu prostoru u okolini njihovoj: što su drobnice dalje od izvora, to kasnije počinju svoja titranja, posve nalika na titranja u izvoru; sva se okolina uskomeša, u njoj se javljaju »valovi« i šire se po prostoru sve dalje. Na pr. padom kamena na mirnu i glatku površinu vode postaju na njoj poznati »valovi«, sastavljeni od brijega i dola, i idu prividno u obliku savršenih krugova sve dalje od središta, u kojem s pada kamena drobnice zatitraše, spuštajući se nešto pod površinu mirne vode i natrag, pa dižući se nešto nad nju. Drobnice vode ne teku s valom od središta, nego samo

titraju svaka na svom mjestu, ali svaka zatitra to kasnije, što je dalja od središta vala: titranje se jednostavno s nekom određenom brzinom prenosi na sve strane po vodi, od drobnice na drobnicu: val napreduje. Između titraja u izvoru i napredujućega vala u svakom pojedinačnom smjeru napredovanja ili širenja njegova postoje ova dva znamenita zakona za valove na vodi:

1. Dok čestica u izvoru (1) izvrši **jedan** titraj, titranje se u svakom smjeru prenese na okolinu dalje za **jednu** dužinu vala t. j. za dužinu od početka brijega do kraja dola (sl. 7.).



Sl. 7. Postanje vala u nizu drobnica; dužina vala $l = 1—9$.

2. Fronte valova na vodi imaju oblik kružnica, kojima je zajedničko središte u izvoru valovitoga gibanja.

Iz toga izlazi: ako drobnice u izvoru izvrše samo 1 titraj, pa stanu, po vodi će ići samo 1 val, sastavljen od brijega i dola (sl. 8.) i teći će u svakom smjeru sve dalje od izvora *a*. Ako je sada brzina prenošenja u svim smjerovima jednaka, izlazi nužno kao oblik fronte vala kružnica.

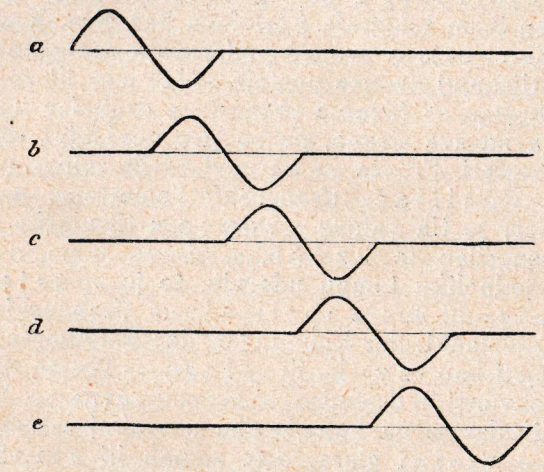
Izvrše li pak drobnice u izvoru u svemu 10 potpunih titraja, na vodi će se vidjeti 10 potpunih valova, gdje jedan za drugim, svi jednake dužine, idu šireći se u sve veće krugove. Uzmimo, da je svakomu potpunomu valu dužina 8 cm, pa da je trajanje titraja drobnicama u izvoru vala $^1/_{10}$ sekunde, jasno je, da se je titranje u toj 1 čitavoj sekundi prenijelo $8 \times 10 = 80$ cm daleko od izvora u

svakom smjeru: brzina je prenošenja ili »brzina rasprostiranja« (C) = 80 cm sek.

Zakon: Brzina rasprostiranja valova = titrajni broj (frekvencija) $\times$ dužina vala

ili: $$C = n \times l \quad \ldots 4)$$

Ovaj osnovni zakon za valove vrijedi za prenošenje titranja ne samo na vodi, nego u svim tvarima (drvu, čeliku, uzduhu, svemirskom eteru). Uspijemo li dakle, da kojim



Sl. 8. Napredovanje jednoga vala u nizu drobnica.

načinom odredimo dvije od ove tri veličine (C, n i l), možemo po zakonu 4. lako odrediti računom treću. Dakle je:

$$\text{dužina vala} = \frac{\text{brzina rasprostiranja}}{\text{titrajni broj (frekvencija)}} \text{ ili } l = \frac{c}{n} \quad \ldots 5)$$

$$\text{titrajni broj (frekvencija)} = \frac{\text{brzina rasprostiranja}}{\text{dužina vala}} \text{ ili } n = \frac{c}{l} \quad \ldots 6)$$

2. Valovi na vodi tek su jedan primjer iz svakidašnjega iskustva za postanje valova i njihovo širenje od izvora. Drugi su takav primjer valovi uzduž užeta, koje visi okomito sa stropa sobe, ako drobnice na donjem kraju

užeta stanu izvoditi titraje.[4]) Oko ih naše može da prati, pa im pojave i zakone može da ispituje: to su »v i d l j i v i v a l o v i«. No ima i »nevidljivih valova«, koji izvode čitave hrpe krasnih i važnih prirodnih pojava. Svima je korijen u t r a j n i m titranjima nekoga izvora (u »titraču«, oscillateur), s kojega se prenose na svoju okolinu (uzduh, svemirski eter) u prostoru. Duševno oko naše takove nevidljive valove otkriva nakon mučna ispitivanja i proučavanja pojava samih. Amo idu pojavi z v u k a, pojavi s v j e t l o s t i i pojavi e l e k t r i č n i, na kojima je osnovan izum telegrafa i telefona bez žica. Kod zvuka na pr. udarci bata o zvonce podržavaju drobnice zvonca u trajnu titranju: zvonce postaje »t i t r a č« ili »o s c i l a t o r«, s kojega se titranje prenosi na drobnice u z d u h a oko njega na sve strane, pa se šire nevidljivi valovi po našoj atmosferi. Fronte su tih nevidljivih valova uzdušnih k u g l e. »P o š i l j a č« (francuski: l'emetteur; njemački: der Sender) je tih valova z v o n c e s titrajućim drobnicama, prenosilac je u z d u h, a zdravo u h o, o koje ti valovi u jednoliku tempu udaraju, to je »p o s t a j a z a p r i m a n j e« ili kraće »p r i m a l a c« (francuski: le recepteur; njemački: der Empfänger, der Empfangsapparat), koji ih osjeti kao »z v u k« ili »g l a s«. — Prema titrajnom broju (frekvenciji) drobnica u zvoncu ravna se broj valova, koji udaraju na bubnjić uha u svakoj sekundi, a to odlučuje o v i s i n i glasa, dok zamah ili a m p l i t u d a titrajâ odlučuje o njegovoj j a č i n i. P r i m j e r i: 1. Drobnice akustične vilice izvršuju neko vrijeme po 256 titraja u 1 sekundi (frekvencija $n = 256$); dakle je trajanje 1 titraja (perioda) $T = {}^1/_{256}$ sekunde. U uzduhu je brzina rasprostiranja valova kod temperature uzduha od 15° $c = 34.000$ centimetara u sekundi.[5]) Dužina je nevidljivih valova uzdušnih izvedenih od ove vilice po zakonu 5. dakle: $l = 34.000 : 256 = \mathbf{132.4}$ cm. — Druga vilica frekvencije $n = 512$, daje o k t a v u predašnjega tona,

[4]) O. Kučera, Valovi i zrake. Str. 21—22. — Isti: Gibanja i sile. Str. 269—280.

[5]) O. K u č e r a: Valovi i zrake. Str. 63—75.

kod koje je dužina uzdušnih valova l baš polovina predašnje = 66.2 cm. — 2. U uzduhu od 12° teku zvučni valovi dužine $l = 78$ cm. Kolika je frekvencija titraja n u toj vilici? $n = 33.930 : 78 = \mathbf{435}$. — To je muzičarima dobro poznati ton a, po kojem ugađaju instrumente.

3. Pojavima svjetlosti korijen je u t r a j n o m t i t r a n j u drobnica svemirskoga etera u i z v o r i m a s v j e t l o s t i (Sunce, zvijezde stajačice, vatra, plamen svijeće ili svjetiljke, električne žarnice i električni lukovi i t. d.). Ti su izvori svjetlosti »t i t r a č i« (oscilatori) ili »p o š i l j a č i« valova. Oni bude u eteru oko sebe v a l o v e, kojima fronte u obliku kugala teku na sve strane u svemirski prostor brzinom od 300.000 kilometara u sekundi.[6]) I to su n e v i d l j i v i, ali ne uzdušni nego e t e r s k i v a l o v i. Udare li ti valovi negdje o zdravo o k o, to ih osjeti kao b i j e l u s v j e t l o s t (Sunčevu ili kojega drugoga izvora).[7]) O k o je dakle aparat ili organ dan od prirode čovjeku, koji je tako udešen, da otkrije te valove, da ih prima: oko je »o t k r i v a č« (detektor) i »p r i m a l a c« (recepteur, Empfangsapparat) te vrsti valova. Po metodama, kojih se ovdje ne možemo taknuti, uspjelo je fizici[8]) izmjeriti i dužine svjetlosnih valova u eteru. Što je kod zvukovnih valova v i s i n a glasa, to je kod svjetlosnih valova b o j a svjetlosti. Kod mjerenja izidoše tako malene dužine svjetlosnih valova, da se pokazala potreba 1 milimetar razdijeliti čak na 1 milijun jednakih dijelova (na »m i l i m i k r o n e« = $\mu\mu$). Za c r v e n u svjetlost izlazi dužina 1 vala $l = 770\ \mu\mu$ a za l j u b i č a s t u $l = 397\ \mu\mu$ Znajući pak dužine svjetlosnih valova i brzinu rasprostiranja njihova u svemirskom eteru (300 tisuća km sek.), možemo računom odrediti i titrajne brojeve n ili frekvencije u izvoru svjetlosti, koji nam pošilja te valove. Izlaze po zakonu 6. (str. 17.) nepojmljivo veliki brojevi: 1. za c r v e n u svjetlost 390 bilijuna (390×

[6]) O. K u č e r a, Valovi i zrake. Str. 196—199.

[7]) O. K u č e r a: Počela fizike. Str. 241—243. — I s t i: Eksperimentalna fizika. Str. 290—295.

[8]) O. Kučera: Eksperimentalna fizika. Str. 309—312.

10^{12}) u sekundi i 2. za ljubičastu 758 bilijuna u sekundi ($= 758 \times 10^{12}$). Prema tomu je kod crvene svjetlosti trajanje 1 titraja u izvoru svjetlosti (u titraču ili pošiljaču) jedna 390 bilijuntina sekunde, odsječak vremena nama gotovo neponjatan sa svoje sitnosti!

Oko naše — od prirode nam dani primalac tih svjetlosnih valova — udešeno je tako, da otkriva i prima samo eterske valove, kojima su dužine između gornjih granica. Za valove duže od 770 milimikrona i kraće od 397 milimikrona naše je oko neosjetljivo. Ako se po eterskom oceanu svemirskom šire još kakvi ili duži ili kraći eterski valovi od ovih svjetlosnih, oko ih naše niti može otkriti niti primiti. No između spomenutih granica oko je naše tako savršen primalac, da osjeti svu skalu boja u spektru, baš kao što uho osjeća svu skalu glasova između 16 titraja u sekundi i njih 30.000 u sekundi.

4. Posljednji deceniji fizikalnoga istraživanja i vanredno znamenita otkrića toga razdoblja pokazaše, da se po svemirskom eteru doista šire još kojekakovi valovi i duži i kraći od svjetlosnih, da ima prema tomu i titrača, koji pošiljaju takove valove u svemirski eterski ocean. Tek nama priroda nije dala posebnoga organa za otkrivanje (detektor) i primanje (receptor) takvih valova, pa je nauka za njih morala naći posebne otkrivače i primaoce. Kako se baš na tim otkrićima osniva telegraf i telefon bez žica, treba da njima posvetimo osobitu pažnju. Otkriće Hertzovih električnih titraja g. 1888. i Röntgenovih zraka g. 1896. otvoriše tu najnoviju eru naše dublje spoznaje prirodnih tajni, a otkriće i studij radija i radioaktivnih tvari povedoše nas duboko u tajne onih drobnica tvari, koje nazivamo »atomima«. Izbila je pri tom nenadana spoznaja, da tu zapada vanredna uloga jednu nama već s drugih strana toli poznatu i korisnu silu — elektricitetu. Pokazalo se prije svega: kao što je svaka tvar složena od drobnica među sobom rastavljenih, (molekula i atoma), tako je i elektriciteta složena od drobnica električnih među sobom rastavljenih — od negativnih, odnosno pozitivnih »elektrona«, u neku ruku od atoma elektricitete.[9]) Čudesna se nova slika odala

i o tvarnom atomu: on nije više ona posljednja, nedjeljiva drobnica tvari. On je pače veoma zamršen Sunčev sustav: oko jezgre nabite pozitivnom elektricitetom kruže po Keplerovim zakonima na različnim stazama vanrednom brzinom negativni elektroni — baš kao planeti oko Sunca. Atom je dakle Sunčev sustav u najsitnijim razmjerima. Drobnice negativne elektricitete — negativni elektroni — mogu se pače posve otkinuti iz sponâ atoma i posve slobodni letjeti po prostoru, dok to za pozitivne drobnice još do sada nije poznato.

Slobodni negativni elektroni u stanju gibanja u metaličnim žicama daju poznatu »električnu struju« taj fundamenat danas toli moćne zgrade »elektrotehnike«, koja je sjajni plod izučavanja tih struja za posljednjih 100 godina.[10]) Pored galvanskih elemenata i akumulatora,[11]) koji daju u žicama provodnicama trajnu električnu struju uvijek istoga smjera i gotovo posve jednake jakosti, pa joj poradi toga dajemo zgodno ime »jednaka struja (franc.: courant continu; njem.: der Gleichstrom) — postadoše nakon Faradayeva otkrića induciranih struja g. 1831. novi izvori mnogo jačih električnih struja elektronskih; to su danas svakomu dobro poznati »dinamoelektrični strojevi« ili kraće »dinamo«. — Jedni daju u provodnicama jednaku struju poput galvanskih elemenata i akumulatora (dinamo jednake struje),[12]) drugi dinami daju u žicama provodnicama »izmjeničnu struju« (franc.: le courant alternatif; njem.: der Wechselstrom), t. j. indukcijom postaju u provodnicama kratkotrajne električne struje, koje teku čas jednim i čas kasnije obrnutim smjerom, elektroni se u tim provodnicama dakle gibaju tamo i amo,

---

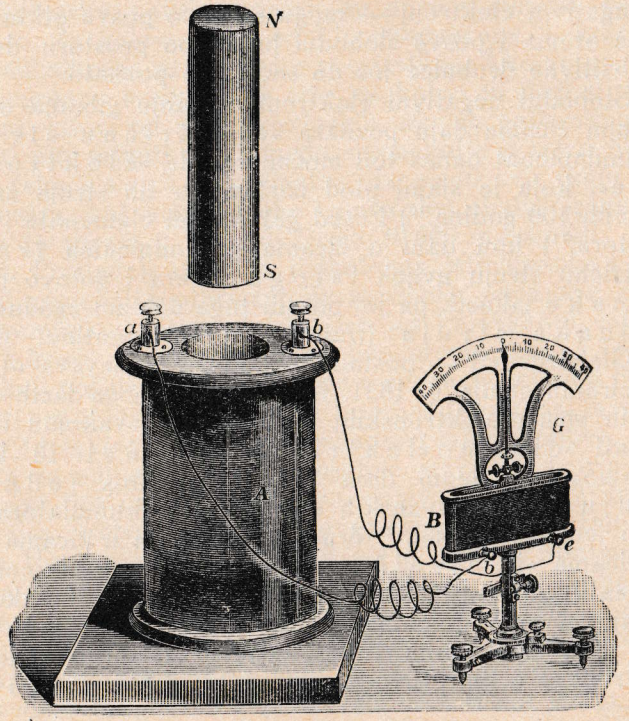
[9]) O. Kučera: Novovjeki izumi knjiga III. i IV. Zagreb 1910. i 1914. — Knjiga III. str. 1—195 i knj. IV. str. 3—82.

[10]) O. Kučera: Crte o magnetizmu i elektriciteti. Izdanje Matice Hrvatske. Zagreb 1891. Str. 140—155.

[11]) St. Plivelić: Električni akumulator. Novovjeki izumi. Knj. IV. str. 149—190.

[12]) O. Kučera: Novovjeki izumi. Knj. III. str. 138—170.

oni proizvode titraje. Između gibanja elektrona u jednom i drugom smjeru veća je ili manja stanka — u provodnici nema na čas nikakva gibanja elektrona! — Kako je baš ovo otkriće sudbonosno bilo za izum telegrafa i telefona bez žica, treba da kod ovoga pojava električne indukcije časak ostanemo.



Sl. 9. Osnovni pokus magnetoindukcije.

5. Pojavi indukcije. — 1. Magnetoindukcija. Svitku neutralne žice *A* (slika 9.), spojenu s jednim galvanoskopom *G*, koji otklonom svoje magnetičke igle smjesta javi, ako se u svitku pobudi kakva električna struja, primaknemo magnet NS. Kratkotrajni otklon igle

kazuje, da je u tom času proletjela provodnicom svitka trenutačna električna struja — elektroni se na čas pokrenuše, ali odmah smiriše. — Tek u času, kada magnet udaljimo od svitka, odaje igla galvanoskopa svojim kratkotrajnim otklonom na suprotnu stranu, da je nakon dužega mirovanja elektrona provodnicom proletjela druga trenutačna struja, ali protivnoga smjera: elektroni se opet na čas pokrenuše u žici, ali sada na suprotnu stranu. Elektroni pođoše dakle tamo i amo: oni izvedoše 1 titraj!

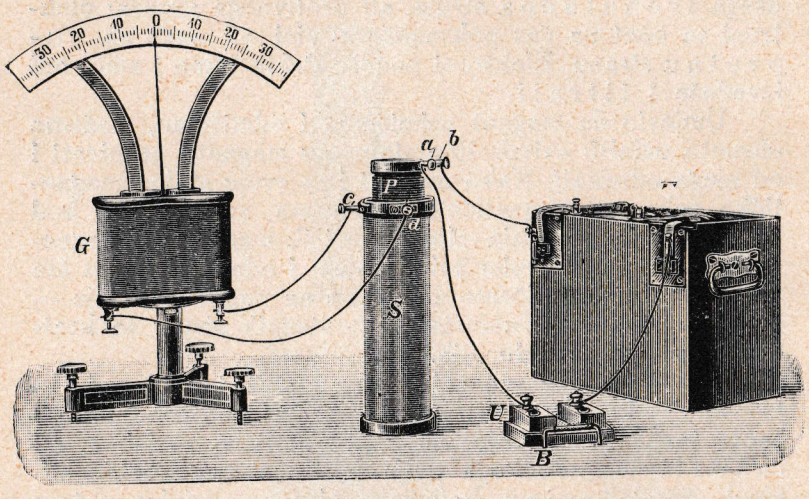
Umjesto da magnet primičemo i odmičemo, možemo obrnuto učiniti: svitak žice stalnomu magnetu primicati i od njega odmicati. Kako magnet ima svoje stalno magnetičko polje sa magnetičnim silnicama, svitak žice kod primicanja i odmicanja siječe veći ili manji broj magnetovih silnica. Ponovnim primicanjem i odmicanjem sa što većom brzinom potičemo elektrone na ponovne titraje — izvodimo cio niz izmjeničnih trenutačnih struja sa kratkim stankama između njih.

Kolika će biti »razlika napetosti« ili »elektromotorna sila«, koja pokreće elektrone na gibanje tamo i amo (mjerena u voltima!) to zavisi: 1. od jakosti magnetičkoga polja (gustoće magnetičkih silnica), 2. od brzine, kojom se žica provodnica u tom polju giba i 3. od broja magnetičkih silnica, što ih pri tom gibanju provodnica u svakoj sekundi presijeca. Što su veća ta tri faktora, to veća elektromotorna sila.

Ovomu prvomu načinu dobivanja trenutačnih izmjeničnih struja dajemo ime »magnetoindukcija«.

2. Voltaindukcija. — Dva su svitka žice *S* i *P* (sl. 10.) jedan u drugom. Unutrašnji P spojen je s baterijom (»primarni« svitak), koja preko uklopca *B* u nj pušta jednaku struju (primarna struja I). Izvanji svitak *S* spojen je s galvanoskopom (ili voltmetrom) *G* (»sekundarni« svitak ili krug II). U času, kada se primarna struja preko uklopca pusti u svitak *P*, u krugu II pokazuje otklon igle na galvanoskopu trenutačnu struju. Opet u času, kada se struja I prekine, otklon igle na suprotnu stranu pokazuje trenutačnu struju suprotnoga smjera.

Ponovnim sklapanjem i prekidanjem primarne struje u svitku *P* budi se cio niz trenutačnih izmjeničnih struja u krugu II. — Kod sklapanja i prekidanja struje u krugu I postaje i iščezava magnetičko polje oko te struje, i silnice polja presijecaju provodnice kruga II i tim se u njem



Sl. 10. Osnovni pokus voltaindukcije.

induciraju razlike napetosti (elektromotorne sile), koje u njoj pokreću elektrone na gibanje tamo i amo t. j. na titranje.

Prva inducirana struja ima suprotan smjer spram primarne (»struja sklapanja«), druga inducirana struja (»struja prekidanja«) isti smjer kao primarna. Ovoj drugoj vrsti indukcije dajemo ime »voltaindukcija«.

3. Vlastita indukcija. — Uočimo na čas sâm primarni krug I. — U času sklapanja struje I postaju u njem sâmom magnetičke silnice, koje presijecaju zavoje svitka P, a čas kasnije iz njega opet izlaze, presijecajući ponovno zavoje svitka P. Tim se u samim zavojima provodnice smotane na svitku *P* stvaraju nove

elektromotorne sile (napetosti) i u njima samima induciraju trenutačne struje naizmjence suprotnih smjerova. Te će primarnu jednaku struju ili pojačavati (kada su s njom istoga smjera) ili slabiti (kada su spram nje suprotnoga smjera). To se osobito jako ističe kod svitaka žice s mnogo paralelnih zavoja: jedan zavoj u drugom izvodi pojav indukcije električnih strujâ. Ovomu trećemu — nada sve važnomu — načinu indukcije u vlastitom krugu dadoše ime: »vlastita indukcija«, a trenutačnim strujama, koje pored glavne jednake struje teku u tom krugu ime »ekstra struje« (franc.: l'extra courant; njem.: der Extrastrom). Prva — ekstra struja sklapanja — glavnu struju slabi; druga — ekstra struja prekidanja — glavnu struju jača.

4. Na zakonima indukcije osnovan je niz veoma znamenitih električnih aparata. Ovdje tek spominjemo: 1) Ruhmkorffov induktorij, koji od jednake primarne struje niske napetosti (mali broj volta) ali velike jakosti (mnogo ampera!) stvara u sekundarnom svitku II trenutačne izmjenične struje veoma visoke napetosti (mnogo tisuća volta) ali male jakosti (malo ampera). — 2) Transformatori struje. Ovi izvršuju istu zadaću kao induktorij, ali i obrnutu: indukcijom u sekundarnom krugu mogu jakost struje uvećati (mnogo ampera), a napetost sniziti (malo volta). — 3. Telefon s poznatom zadaćom, da s pomoću magnetoindukcije prenosi žicama glas u velike daljine i mikrofon, koji promjenama otpora zadanoj jednakoj struji mijenja njezinu jakost i tim kolebanjem jake struje u sekundarnom svitku inducira toliko jake izmjenične struje, da se mogu prenositi žicom i u velike daljine, gdje ih prima telefon. — No kruna su svim tim aparatima dvije vrste »dinamoelektričnih strojeva« kraće »dinama«, tih modernih izvora najsilnijih električnih struja: 1) »dinamo jednake struje«[13]) i 2) dinamo izmjenične struje.[14])

[13]) O. Kučera: Novovjeki izumi. Knj. III. Str. 138—170.

[14]) O. Kučera: Novovjeki izumi. Knj. IV. Str. 35—52.

6. Zakoni jednake i izmjenične struje. — Kako bez poznavanja osnovnih zakona za električne struje nema pravoga razumijevanja izuma, o kojima se ovdje radi, neka nađe ovdje mjesta i kratak pregled najvažnijih zakona.[15])

a. Množina elektricitete i napetost konduktora. — Konduktor je nabit negativnom elektricitetom. On u svojoj okolini (»električno polje«) izvršuje neke privlačne i odbojne sile. Po jačini tih sila mi zaključujemo na »množinu« elektricitete pribrane na konduktoru t. j. na broj negativnih elektrona, raspoređanih radi međusobnoga odbijanja samo na površini konduktora. Između kovine i okolišnoga uzduha (koji je dobar izolator) naslagala se i porazmjestila tanka kožica elektrona i miruje (statička elektriciteta). Njihova međusobna odbojna sila drži ih tamo razmještene u »napetu« stanju, baš kao što uzduh u mjehuru sapunice drži napetu tanku kožicu sapunice. Ta »napetost« potječe od pritiska (tlaka) odbojnih sila istoimenih elektrona. Svakomu vodiču, nabitu određenom množinom elektrona pripada i određena napetost naboja. Ta napetost zavisi: 1.) od množine elektricitete pribrane na konduktoru, ali 2) i od veličine konduktora. Ista množina raspoređana po kugli većega obujma imat će manju napetost i obrnuto; dakle: napetost zavisi i o »kapaciteti« kugle (za elektricitetu). Stanje svakoga elektricitetom nabitoga konduktora određuju dakle ove 3 veličine: množina elektricitete, njezina napetost i kapaciteta konduktora. Tjelesno oko ne vidi na konduktoru ništa; duševno se pita za odnošaje između te tri osnovne, ali nevidljive veličine. Riječ »kapaciteta« (lat.: obuiam, prostor) uzeta je po analogiji od sudova za tekućine: kapaciteta bačve se prosuđuje po množini tekućine, koju može da primi; kapacitetom konduktora za elektricitetu određujemo onu množinu elektricitete, koja povisuje njegovu napetost baš za 1 jedinicu

[15]) Više o tom: Novovjeki izumi. Knj. III. i IV. Str. 1—195 i str. 3—82.

te napetosti (za 1 volt). Izlazi, da ću kapacitetu konduktora računom naći, ako umijem izmjeriti 1) množinu elektricitete na njem pribrane i 2) napetost te elektricitete. Dakle je:

$$\text{kapaciteta} = \frac{\text{množina elektricitete}}{\text{napetost}} \quad \ldots 7)$$

Množine se elektricitete mjere jedinicom, koja je dobila ime »1 coulomb« (čitaj: kulom), a napetosti njezine jedinicom, koja nosi ime »1 volt«, str. 30.). Prema tome je:

$$\text{kapaciteta} = \frac{\text{broj coulomba}}{\text{broj volta}} \quad \ldots 7a)$$

Iz toga izlazi, da sada možemo odrediti i mjeru ili jedinicu za mjerenje kapacitetâ. Određujemo dakle: Jedinicu kapacitete ima onaj vodić, kojemu množina elektricitete od 1 coulomba daje baš napetost od 1 volta. Toj jedinici kapacitete dajemo ime 1 farad. Dakle je

$$1 \text{ farad} = \frac{1 \text{ coulomb}}{1 \text{ volt.}} \quad \ldots 8)$$

S praktičkih se razloga 1 farad dijeli na 1 milijun jednakih dijelova i taj se dio zove »**1 mikrofarad**« (1 mali farad).

Elektrotehnika ima danas za ove tri osnovne električne veličine gotove instrumente, koji odmah u svakom slučaju kazuju broj farada (faradmetar) ili broj coulomba (coulombmetar) ili broj volta (voltmetar).

Farad je nerazmjerno velika jedinica kapacitete. Na pitanje: kolikoga polumjera treba da bude kugla konduktora, da joj se 1 coulombom elektricitete povisi napetost od nule do 1 volta? izlazi odgovor, da bi ta kugla morala imati polumjer od 900 milijarda centimetara (900.000,000.000 cm $= 9 \times 10^{11}$ cm). Dakle se može također reći:

$$1 \text{ farad} = 9 \times 10^{11} \text{ centimetara.}$$

t. j. kugla tolikoga polumjera ima (za elektricitetu!) kapacitetu »1 farad«. — To je dakle golema jedinica. Kugla zemaljska (polumjer = 6370 kilometara) ima samo kapacitetu od 0.000708 farada t. j. 708 mikrofarada. Kapacitete se vodiča mogu dakle mjeriti i u centimetrima polu-

mjerima kugala. Neka nađe poradi velike važnosti za nas ovdje mjesta ova praktična tablica, koju će sada svatko razumjeti.

Kapacitete

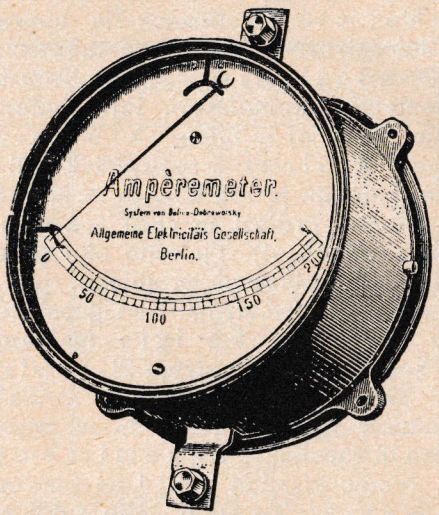
Mikrofarad	jednak je	centimetara	centimetara	jednak je	mikrofarada
1	=	900.000	1	=	0·00000111
0·1	=	90.000	10	=	0 0000111
0·01	=	9 000	100	=	0·000111
0·001	=	900	1.000	=	0·00111
0·0001	=	90	10 000	=	0·0111
0 00001	=	9	100.000	=	0·1 1
0·000001	=	0·9	1.000.000	=	1·11

b. Zakoni jednake struje. — Čim se na krajevima (polovima) koje žice provodnice pokaže kakva »razlika električne napetosti« (u voltima) s makar kojega razloga, elektroni u žici se pokreću, nastaje gibanje elektrona s mjesta više električne napetosti k mjestu niže napetosti: u provodnici teče »električna struja« tako dugo, dok postoji razlika u električnoj napetosti. Izjednačenjem napetosti prestaje struja. Želimo li dakle imati trajnu struju, treba podržavati trajnu razliku napetosti na krajevima (polovima). Želimo li dobiti trajnu struju istoga smjera, treba da viša napetost ostane na istom polu, a ako treba, da ta trajna struja bude još i jednake jakosti čitavo vrijeme tečenja, treba da i razlika napetosti na polovima ostane sveđer jednaka (na pr. = 2 volta). Skače li pak viša napetost naizmjence s jednoga pola na drugi, u provodnici se javlja izmjenična struja t. j. elektroni idu čas u jednom, čas u suprotnom smjeru. Razlika je napetosti dakle uzrok postanju svih električnih struja; poradi toga se ona često i zove »elekromotorna sila«, koja elektrone pokreće na pomještanje u žici provodnici.

Najprije obrnimo svoju pažnju trajnoj struji, koja ima čitavo vrijeme isti smjer i još k tomu i istu jakost t. j. jednakoj struji (franc.: le courant continu; njem.: der Gleichstrom). Daje joj se također zgodno ime »stalna« ili »konstantna« struja. Daju takvu struju: galvanski elementi, akumulatori, termobaterije i dinami jednake struje. Bitni joj je biljeg: kroz prorez žice provodnice prolazi u svakoj sekundi isti broj elektrona (jednaka je »jakost« struje). Što veći broj elektrona u sekundi prolazi to veća »jakost struje« (*I* od intensitas = jakost). Tjelesno oko naše ne vidi na provodnici redovno nikakve promjene, po kojoj bismo mogli suditi, da njom teče struja. No sigurni su znaci tomu: 1) otklon magnetičke igle (galvanoskop i galvanometar); kod nešto jačih struja 2) toplina, koja se u provodnici javlja, kada njome teče struja (ta može u zgodnim prilikama toliko porasti, da se provodnica usija (užari) [žarnice ili žarulje][16]), i 3) kemijsko rastvaranje tvarî (vode, kiselina, solî) i na tom osnovani aparat »voltametar«. To su u neku ruku naše »električne oči«! — Kako je u praksi najznatnije pitanje: kako dobiti stalnu struju što veće jakosti, trebalo je ispitati, od kojih faktora zavisi jakost jednake struje i po kojim zakonima? Odgovorio je na to savršeno Nijemac *Simon Ohm* (g. 1827.) glasovitim zakonom, koji je fundamenat čitavoj elektrotehnici,, pa se njemu u čast i zove »Ohmov zakon«. Određujemo najprije dogovorno: ako prorezom žice provodnice u svakoj sekundi prolazi množina elektricitete od 1 coulomba (1 Cb), velimo, da ta struja ima »jakost od 1 ampera«; kazalo na ampermetru (sl. 11.) pokazuje svojim smještajem na skali broj ampera. *Ohm* je pokazao: jakost jednake struje u provodnici zavisi samo od

[16]) Pobliže o tom O. Kučera, Crte o magnetizmu i elektriciteti. Str. 156—197.

dva faktora i to 1) od razlike električne napetosti na polovima (on ju zove »elektromotorna sila« i bilježi slovom E) i 2) od otpora, koji se u provodnici suprotstavlja prolaženju elektrona (Ohmov otpor), koji on



Sl. 11. Ampermetar do 200 ampera.

bilježi slovom R od lat. resistentia). Zakon pak, po kojem jakost struje zavisi od tih faktora pokazao se je jednostavan:

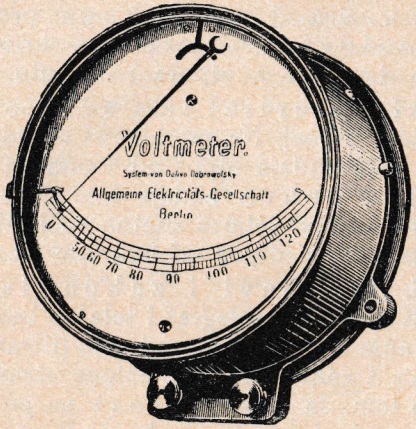
$$\text{Jakost struje} = \frac{\text{razlika napetosti}}{\text{otpor}} \quad \ldots \; 9)$$

ili u kratkom govoru matematičnom ... $I = \frac{E}{R}$ ... 9a)

Za napetosti (bolje: za razliku napetostî dogovorno je odabrana jedinicom mjere »1 volt«.

Bilješka. — Krajevi žice provodnice imaju razliku napetosti od 1 volta onda, kada se je morala izvršiti radnja od 10 milijuna erga (10^7 erga) da se prenese 1 coulomb elektricitete s jednoga kraja na drugi.

Posebni instrumenti, u svojem obliku posve slični ampermetrima, pokazuju otklonom kazala na skali s mjesta »razliku napetosti«, ili »elektromotornu silu (kraće »napetost«) u voltima. To su »voltmetri« (sl. 12).



Sl. 12. Voltmetar do 120 volta.

Za mjerenje otporâ u provodnicama odabraše kao mjeru onaj otpor, što ga zadaje struji nit žive, dugačak 106.3 centimetara, a debeo (prorez) 1 kvadratni milimetar.

Taj je otpor dobio ime »**1 ohm** (**1** Ω). Iz gornjega zakona 9) čitamo smjesta:

$$1 \text{ amper} = \frac{1 \text{ volt}}{1 \text{ ohm}} \text{ i broj ampera} = \frac{\text{broj volta}}{\text{broj ohma}},$$

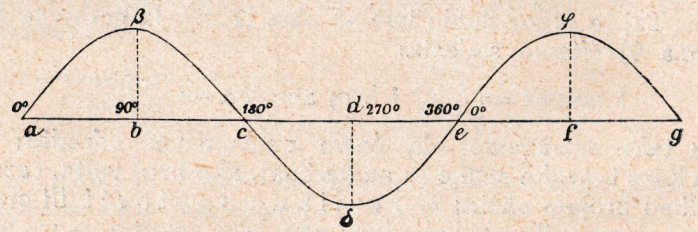
pa tako saznajemo, da ćemo računom odrediti: 1) jakost svake struje (u amperima), ako broj volta, razdijelimo brojem ohma; 2) razliku napetosti ili elektromotornu silu na polovima, ako broj ampera pomnožimo s brojem ohma i 3) otpor, ako broj volta razdijelimo brojem ampera. Ostaje još neriješen drugi dio pitanja: o čem zavisi veličina otpora u žicama? I to je pitanje *Ohm* riješio. Odgovor je u ova tri zakona:

1. Otpor žice provodnice određenoga proreza raste razmjerno s dužinom žice: 10-terostrukoj dužini pripada 10-terostruk otpor.

2. Otpor provodnice određene dužine i materijala obrnuto je razmjeran prorezu žice t. j. žica dvostrukoga proreza zadaje struji samo polovinu otpora, žica trostrukoga proreza samo trećinu otpora i obrnuto.

3. Svaki materijal ima svoj »osobiti otpor« (specifični otpor). Na pr. nit žive dugačak 106.3 cm i debeo 1 mm² zadaje otpor od 1 ohma (1 Ω). Isto takav nit (žica) od bakra zadaje samo otpor od 0.0162 Ω, a isto takva žica od željeza znatno veći otpor od 0.1034 ohma t. j. 6 puta veći otpor od bakrene žice.

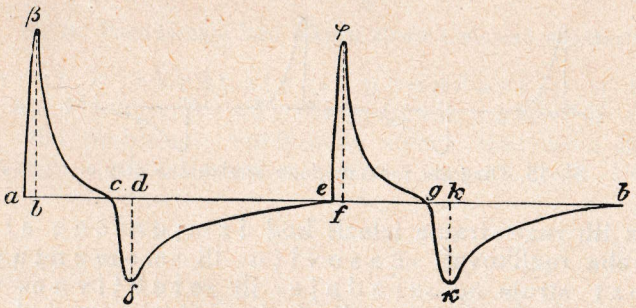
c. Osobiti pojavi i zakoni izmjenične struje. — Kako su za telegraf i telefon bez žica prijeko važna baš gibanja elektrona tamo i amo (titranja), treba još pregled pojava i zakona za izmjenične struje. Tu nema više govora o tom, da bi napetost na polovima ostala duže vremena stalna, ili da bi jakost struje ma i časak bila stalna: oboje se neprekidno mijenja. Problem je: kako i po kojim zakonima? Odgovor na to preduvjet je svim izumima i primjenama na tom području. Najljepše se pokazuju te osobite prilike slikama, koje se zovu »diagrami« izmjeničnih struja.



Sl. 13. Diagram pravilne (obične) izmjenične struje.

Bilješka. U takvoj slici (sl. 13) vodoravni pravac *abcdefg* prikazuje vrijeme (vremenski pravac), koje prolazi od početka (*a*) električnoga strujanja pa sve do svršetka (*g*). Krivulja *aβcδeφg*

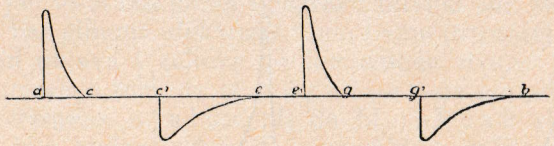
prikazuje promjene u jakosti jedne osobite vrste izmjenične struje; jakost te struje u svakom momentu kazuje okomica na vremenskom pravcu povučena do krivulje. Jedan samo pogled na diagram kazuje promjene u jakosti te struje. U *a* je okomica nula t. j. struje nema; od *a* do *b* jakost struje raste na gornjoj (pozitivnoj) strani vremenskoga pravca do svoje najveće vrijednosti *bβ*; odsada jakost struje pomalo pada (okomice od *b* do *c* postaju sve kraće) a u času *c* jakost je struje opet nula i odsada pa sve do časa *e* smjer je struji suprotan (negativan), jer okomice na vremenskom pravcu sada idu dolje, a jakost te struje suprotnoga smjera najprije raste do najveće vrijednosti *dδ* u času *d*, da onda opet pomalo pada do časa *e*, gdje joj je jakost ponovno nula. Struja opet mijenja svoj smjer u pozitivni (okomice idu gore); jakost struje raste do časa *f*, gdje joj je *fγ* najveća vrijednost, da opet pomalo pada do časa *g*, gdje je jakost opet nula. Valovita nam dakle crta *aβcδeγg* vanredno lijepo uočuje sve promjene i smjera i jakosti te izmjenične struje.



Sl. 14. Diagram nepravilne izmjenične struje.

Diagram slike 14 pokazuje svojom krivuljom izmjeničnu struju, kojoj se smjer i jakost posve drukčije mijenjaju, nego u predašnjem slučaju. U početku (kod časa *a*) jakost struje veoma naglo i brzo naraste na gornjoj strani do najveće vrijednosti *bβ* (maksimum), onda polaganije i nepravilno pada do nule (u času *c*); odmah struja prelazi u suprotni smjer i opet joj jakost veoma naglo i brzo naraste do maksimuma *dδ* na toj strani (u času *d*), no taj maksimum jakosti manji je od predašnjega *bβ*. Sada ja-

kost struje još polaganije nego prije pada do nule (u času *e*) (minimum jakosti). Od časa *e* do časa *l* ponavlja se isto. Diagram sl. 15. pokazuje promjene u smjeru i u jakosti izmjenične struje opet drukčije vrsti. Tu vidimo, da za vrijeme od časa *c* pa do časa c^1 i onda od *g* do g^1 uopće nema struje, dakle izmjenična struja sa prekidima (pauzama). — Ako nam na pr. u diagramu sl. 13. dužina pravca od *a* do *e* prikazuje $^1/_{50}$ sekunde, razbiramo s mjesta iz slike, da imamo posla s pravilnom izmjeničnom strujom, u kojoj elektroni u 1 sekundi izvršuju baš 50 potpunih titraja; frekvencija je te izmjenične struje $n = 50$, a trajanje jednoga titraja električnoga $T = {}^1/_{50}$ sekunde. — Kod jednake struje dobili bismo za njenu jakost umjesto valovite crte jedan pravac, koji ide usporedno s vremenskim pravcem *a g*.

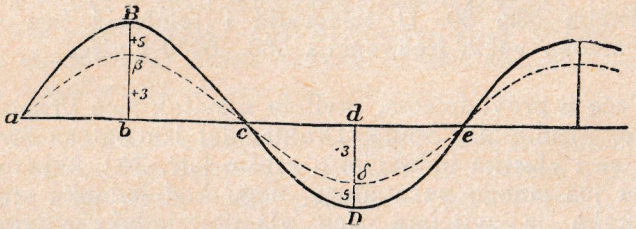


Sl. 15. Diagram raskomadane izmjenične struje.

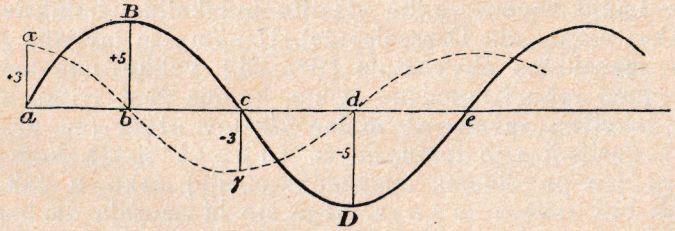
Iz tih razmatranja izlazi: kod izmjenične struje treba razlikovati »časovitu« ili »momentanu« jakost struje od »srednje« ili »efektivne« njezine jakosti. Grade se za izmjeničnu struju posebni ampermetri, koji ne pokazuju neprestana kolebanja njezine jakosti, nego samo njezinu »efektivnu« jakost.

I napetost (elektromotorna sila) je kod izmjenične struje izložena neprekidnom mijenjanju tečajem vremena. I te promjene najbolje prikazuju diagrami posve jednaki predašnjima, tek okomice na vremenskom pravcu ne znače jakosti, nego napetosti struje u određenim časovima. Na istoj slici možemo pače prikazati obje promjene: jedne (na pr. jakosti) izvučenom, druge (napetosti) iscrtanom krivuljom, pa s mjesta čitamo, kolika je u istom momentu vremenskom jakost, a kolika napetost izmjenične struje. (Sl. 16. i 17.). Tim slikama ne treba

sada daljega tumača. Posebno građeni »voltmetri« kazuju »srednju« ili »efektivnu« napetost izmjenične struje. U prvoj slici razbiramo, da i jakost struje i njezina napetost u istim vremenskim časovima primaju svoje najmanje i svoje najveće vrijednosti (najmanje u časovima, *a*, *c* i *e*, a najveće u časovima *b* i *d*. Pred nama je u slici dakle jedna izmjenična struja, kod koje se »napetost i jakost struje podudaraju u fazi« ili »kod koje je razlika faze nula«. U drugoj pak slici razbiramo izmjeničnu struju, kod koje između napetosti i jakosti njezine »postoji razlika faze«.



Sl. 16. Podudaranje faze jakosti struje i njezine napetosti.



Sl. 17. Razlika faze između jakosti i napetosti struje.

Najveće napetosti (+ 3 i — 3 volta) pripadaju baš onim časovima, kada je jakost struje najmanja t. j. nula i obrnuto. Kako nam pravac *ae* kazuje jednu čitavu periodu, jasno je, da je ovdje »razlika faze« baš $^1/_4$ čitave periode.

d. Vlastita indukcija kod izmjenične struje. — Izmjenične struje nam daju obje prve vrsti indukcije magneto-

indukcija i volta indukcija (str. 22. i 23). Prvi je izvor najvažniji, na njem su osnovani moderni dinami. Svitci žicâ vrte se u polju jaka magneta sijekući pri tom naizmjence veći ili manji broj silnica u 1 sekundi. Što veći taj broj, to veća napetost induciranih trenutačnih i izmjeničnih struja. Na toj su osnovi izgrađeni različni tipovi »dinama izmjenične struje«. Slika 13. kazuje diagram takve »pravilne« ili »čiste« izmjenične struje. Na njem su i stupnjevi od 0°—360° t. j. za jednu potpunu vrtnju provodnice pred polovima magneta. Obični tipovi imaju frekvenciju oko 50. U telegrafiji i telefoniji bez žica treba mnogo većih frekvencija 500—6000 i više.

Teče li provodnicom, savitom u svitak žice (franc.: la bobine; njem.: die Spule, Drahtspule) izmjenična struja, javlja se i vlastita indukcija u svitku (str. 24.), koju ovdje zapada još mnogo veća uloga, nego kod jednake struje. U takvim je svitcima žice vlastita indukcija veoma različna prema njihovu obliku (uski ili široki, kratki ili dugački, maloga ili velikoga broja zavoja), a najveća postane, ako se u svitak još utakne željezna jezgra. Elektrotehnik prema svojoj potrebi gradi svitke (solenoide) gotovo bez ikakve vlastite indukcije (bifilarno motan svitak) pa sve do svitaka, koji uz razmjerno malen Ohmov otpor imaju veoma veliku vlastitu indukciju (»induktivni svitak«; njem.: die Drosselspule). U njima se javljaju gotovo neprekidno ekstrastuje (str. 25.) velike napetosti, ako njima teku izmjenične struje, kojima žica svitka zadaje određen, razmjerno malen Ohmov otpor (na pr. 1 ohm). Posljedica je tomu, da će jakost strujâ, koje iz izvora (na pr. dinama izmjenične struje) teku u takov svitak biti znatno manja, nego što bi morala da bude po Ohmovu zakonu (str. 30.), pa se čini kao da svitak velike vlastite indukcije uvećava otpor struji. Taj prividni otpor svitaka velike vlastite indukcije zna postati tako velik — zovu ga »impedancija« svitka — da svitak gotovo ništa ne propušta izmjeničnu struju, dok bi jednaku struju posvema propuštao: on u neku ruku izmjeničnu struju gotovo utuče! Izlazi dakle:

»U krug izmjenične struje uklopljena velika vlastita indukcija uvećava prividni otpor u krugu te struje to više, što je veća uklopljena vlastita indukcija i što je veća frekvencija izmjenične struje«.

Bilješka. Kod jednake struje nema toga pojava. Tu je otpor iste žice svagda jednak. — Kod izmjenične struje možemo uklapanjem svitaka velike vlastite indukcije različnih dimenzija prema potrebi umanjivati jakost izmjenične struje iz izvora.

No ovakvo uklapanje velikih vlastitih indukcija u krug izmjenične struje izvodi još jedan veoma čudnovati pojav, koji treba ovdje posebno istaći. Teče li naime izmjenična struja žicom provodnicom, u kojoj nema velike vlastite indukcije (na pr. upravnom žicom), podudaraju se u fazi i napetost i jakost struje, kako to pokazuje diagram slike 16., koji vrijedi za taj slučaj. Uklopljenjem velike vlastite indukcije nestaje toga podudaranja u fazi i sada vrijedi diagram sl. 17., gdje je na pr. razlika faze baš $^1/_4$ periode. Dakle zakon:

»Uklapanje velike vlastite indukcije u krug izmjenične struje svagda uništi podudaranje faze između napetosti i jakosti te struje. — Razlika faze postaje to veća, što je veća 1. uklopljena vlastita indukcija, 2. što je veća frekvencija zadane izmjenične struje i 3. što je manji otpor provodnice«.

Bilješka. Ovo je djelovanje velike vlastite indukcije na izmjeničnu struju koliko zanimljivo, toliko i važno za energiju i za efekt izmjenične struje, što ju daje na pr. dinamo izmjenične struje. I izmjenična struja ima kao i jednaka sposobnost, da izvršuje radnju, koja se ocjenjuje po radnji izvršenoj u 1 sekundi po »efektu« struje.[17])

$$\text{Efekt struje} = \text{napetost} \times \text{jakost} = \text{broj volta} \times \text{broj ampera} \quad \ldots 10)$$

[17]) Isporedi: O. Kučera: Novovjeki izumi. Knj. IV. Str. 22—26.

Kod izmjenične struje treba lučiti »momentani« efekt od srednjega« ili »pravoga« efekta. U diagramu u sl. 16. na pr. s mjesta vidimo, da momentani efekt te izmjenične struje koleba između nule i + 15 watta, dok je pravi efekt 7.5 watta. Diagram vrijedi za čistu izmjeničnu struju, u koju nije uklopljena vlastita indukcija.

Ako se u krug izmjenične struje uklopi dosta velika vlastita indukcija može se postići, da razlika faze između napetosti struje i njezine jakosti postane $^1/_4$ periode — diagram sl. 17. Pogled na sliku pokazuje, da je sada efekt struje u svakom času nula: to je struja bez energije, bez »watta«! Ona ne može da izvršuje radnje. Zakon:

»Izmjenična struja s uklopljenom tolikom vlastitom indukcijom, da je razlika faze između napetosti struje i njezine jakosti baš $^1/_4$ periode, struja je bez energije«.

Bilješka. Bude li pak razlika faze manja od $^1/_4$ periode (to je najveća moguća razlika faze!) a veća od nule, bit će i pravi efekt te struje broj između najveće njegove vrijednosti i nule. Dakle je uopće kod izmjenične struje:

pravi efekt (watti) = efektivna napetost (volti) × efektivna jakost (amperi) × faktor faze.

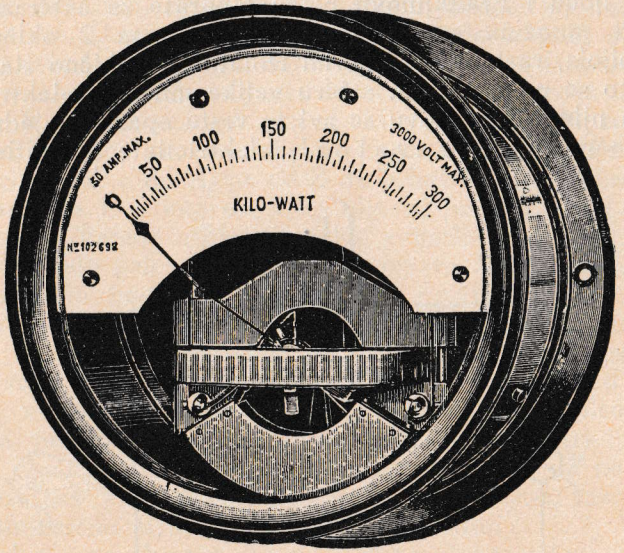
Faktor faze je broj između nule i + 1.

Danas se grade posebni »wattmetri« za izmjenične struje (sl. 18.), koji kazuju direktno pravi efekt u wattima.

Razbiramo veliku važnost uklapanja svitaka ili »vlastite indukcije« u krug izmjenične struje. Treba dakle i za nju mjera, kako bismo mogli graditi svitke određene vlastite indukcije. Mjera se zove »**1 anri**« (u počast fizičaru Henry (čitaj: Anri). Vlastitu indukciju od »1 anrija« ima svitak žice, u kojem se jakost struje u svakoj sekundi

mijenja baš za 1 amper, a pri tom postaje napetost baš od 1 volta (1 V). To zavisi od broja zavoja na svitku i od njegova oblika.

Bilješka. Ako se žica namata na svitke istoga promjera može se vlastita indukcija takvih svitaka izraziti i dužinom tih svitaka u centimetrima.



Sl. 18. Wattmetar za mjerenje efekta (energije) struje.

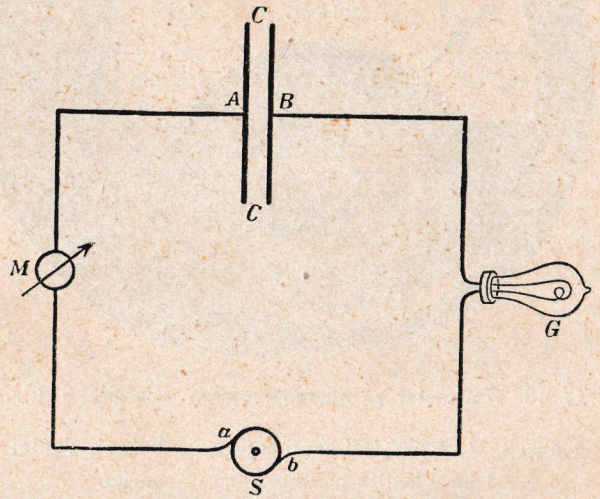
1 anri = 1.000,000.000 centimetara = 10^9 cm; dakle:

1 cm vlastite indukcije = $\frac{1}{10^9}$ anrija.

1 anri je velika mjera. Uvodi se radi toga njegova tisućina »1 milianri«. Niski i široki svitci imaju veliku vlastitu indukciju, visoki i uski svici uz isti broj zavoja manju, a ravne razapete žice veoma malenu ali ipak to veću, što je duža žica.

e. Kapaciteta u krugu izmjenične struje. — Jednaka struja može da teče samo u zatvorenu krugu. Prekine li se ma gdje krug struje makar za 1 mm, elektroni miruju, struje nema. To vrijedi uopće i za izmje-

ničnu struju. Ali ima jedan osobiti slučaj, gdje izmjenična struja može da trajno teče i u otvorenu t. j. na jednom mjestu prekinutu krugu njezinu. A taj je baš veoma važan za naš izum. Svi dobro znamo Leydensku bocu i Franklinovu ploču: aparate za sabiranje velikih množina suprotnih elektriciteta sa 2 oklopa od stanijola, rastavljena dobrim izolatorom (obično staklom). Kako se na oklopima sabiru velike množine elektriciteta i na njima drže, zovu se svi te vrste aparati zajedničkim imenom »kondenzatori« elektricitete (od latinskoga



Sl. 19. Trajna izmjenična struja u prekinutu krugu.

= zguščivač). Takav kondenzator ima za elektricitetu to veću kapacitetu (str. 26.), što je veća površina oklopa i što je manja njihova daljina. Na sl. 19. je *S* izvor trajne izmjenične struje (dinamo), koja od polova **a** i *b* teče u provodnicu. Uklopljeni su u krug struje: ampermetar *M* i žarnica *G*. Provodnica je kod *C* prekinuta i tamo je uklopljen kondenzator s oklopima (kovnima) *A* i *B*, rastavljenima dobrim izolatorom. Krug je

izmjenične struje dakle kod *C* prekinut i struja ne može da teče — mislio bi svatko. No pokus pokazuje baš protivno: čim se struja iz S pusti, ampermetar *M* pokazuje otklon, a žarnica trajno gori, premda je krug struje kod C trajno prekinut. Zašto to? To sobom donosi bit izmjenične struje. U prvoj polovini periode teče iz pola *a* na ploču *A* kondenzatora pozitivan naboj, a u isto doba s pola *b* na ploču B negativan naboj ili, što je isto, s ploče *B* teče k polu *b* pozitivan naboj. Možemo reći: u čitavoj provodnici postoji gibanje pozitivne elektricitete od a do *A*, pa od B do b baš kao da ni nema kondenzatora t. j. kao da krug nije ni prekinut kod *C*; ampermetar kazuje otklon, žarnica svijetli: U drugoj polovini periode pak mijenja struja izvora S svoj smjer: pol *a* postane negativni pol, a pol *b* pozitivni. Sada se ploča *A* ispražnjuje: pozitivni naboj teče k negativnom polu *a*; ploča se B također ispražnjuje: negativni naboj njezin teče k pozitivnom polu *b* ili, što je isto, pozitivna elektriciteta teče s pola *b* u ploču B. U drugoj polovini periode teče dakle pozitivna elektriciteta od *b* k ploči *B* i od ploče *A* k polu *a*, baš kao da nema kondenzatora: ampermetar kazuje sveudilj otklon, žarnica gori. Izmjenična struja trajno teče. Zakon:

»Ako se krug izmjenične struje negdje prekine uklopljenjem kondenzatora, izmjenična struja i u otvorenu krugu trajno teče«.

Ali uklopljeni kondenzator izvodi ipak veoma važnu promjenu: kada je na kondenzatoru najveća napetost, baš onda je jakost struje nula t. j. struje nema. Dakle nova spoznaja:

»Uklapanje kondenzatora u krug izmjenične struje izvodi razliku faze, koja može doseći $^1/_4$ periode«.

Posve sličan učinak izvodi, kako vidjesmo (str. 37.), i uklapanje velike vlastite indukcije. Između njih postoji ipak veoma karakteristična razlika:

»Kod uklapanja kondenzatora (kapacitete) u krug izmjenične struje, jakost

struje **pretječe** njezinu napetost najviše za ¼ periode; kod uklapanja vlastite indukcije jakost struje **zakašnjuje** se spram njezine napetosti najviše za ¼ periode.«

Oba uklapanja izvode dakle u neku ruku suprotan učinak, ali do iste najveće mjere (do ¼ periode). — Koliku će razliku faze izvesti uklopljen kondenzator, to stoji: 1) do broja izmjena struje u 1 sekundi (= dvostruka frekvencija), 2) do Ohmova otpora provodnice i 3) do kapacitete kondenzatora. Teorija i pokusi utvrdiše zakon:

»Kod uklapanja kondenzatora u krug izmjenične struje pretječe jakost struje njezinu napetost to više, što je manja frekvencija struje, što je manji Ohmov otpor provodnice i što je manja kapaciteta kondenzatora.«

Bilješka. U krug se može uklopiti i više kondenzatora ili »paralelno« (jedan uz drugi) ili »u seriji« (jedan za drugim). U prvom je slučaju cjelokupna kapaciteta jednaka zbroju sviju kapaciteta ($C = C_1 + S_2$); u drugom je manja od kapaciteta jednoga samo ($C = \frac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2}$). Ovdje se događa baš protivno od onoga, što vidjesmo kod Ohmova otpora. Na tu se razliku treba obazirati kod svakoga sklapanja u telegrafiji i telefoniji bez žica.

Isporedimo li na koncu uklapanje vlastite indukcije u krug izmjenične struje s uklapanjem kondenzatora u nj, razbiramo:

1) Uklapanje same vlastite indukcije izvodi razliku faze u tom smislu, da jakost struje zaostaje iza napetosti, a uklapanje same kapacitete (kondenzatora) u tom smislu, da jakost struje pretječe napetost. Prema dimenzijama uklopljenih vlastitih indukcija ili kapacitetâ bit će razlika faza veoma različna, ali može doseći najviše ¼ periode ili 90°.

2) Uklope li se u krug izmjenične struje u isti mah i vlastita indukcija i kapaciteta mogu se razlike faze više ili manje izjednačivati kod zgodnoga izmjenjiva

nja obiju, te tako postići, da izmjenična struja dosegne najveću vrijednost (maksimum) svoje jakosti. To dimenzioniranje poglavito zavisi od frekvencije upotrebljene izmjenične struje.

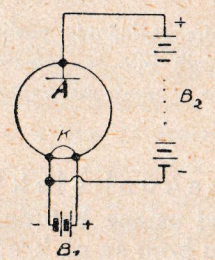
3) Zajedno uklopljene u krug izmjenične struje vlastita indukcija i kapaciteta jedna iza druge uopće će umanjivati razliku faze, a u određenom se slučaju prema dimenzijama jedne i druge može razlika faze i posvema ukloniti, baš kao da ni nema uklopljene vlastite indukcije i kapacitete. Kako uklapanje vlastite indukcije (bolje: induktivnoga svitka žice) znači velik prividni otpor struji (str. 36.), a time i slobljenje njezino, izlazi, da uklapanje zgodno odabrane kapacitete k tomu može taj prividni otpor gotovo posve uništiti, pa u krugu teče jaka izmjenična struja, premda je u nju uklopljena velika vlastita indukcija.

Bilješka. Opširnije razlaganje posljednjih, manje poznatih pojava i zakona električnih bilo je potrebno poradi velike njihove važnosti za razumjevanje i upotrebljavanje telegrafa i telefona bez žica.

5. Pojavi i zakoni elektronskih cijevi.

a) **Katodne cijevi usjane katode.** — Ako se u staklenoj cijevi ili posudi, u koju su na krajevima utaljene kovne žice i pločice (»elektrode«) plin u njoj veoma rastanji (kod Geisslorovih cijevi na 1 mm — 0.1 mm tlaka uzduha; kod Crookesovih i Röntgenovih na 0.02 — 0.001 mm tlaka) i u nje pusti jednaka struja dosta velike napetosti, struja prelazi kroz rastanjen plin od anode ka katodi, pa plin od nje u Geisslorovim cijevima svijetli, a u Crookesovim cijevima iz pločice negativne napetosti — iz katode — izbija struja negativnih slobodnih elektrona, koji velikim brzinama lete u pravcima poput mlaza vode do suprotne staklene stijene, koja od njih zasvijetli obično zelenom svjetlošću (to su »katodne zrake« za koje se zna, da su negativni elektroni, koji u cijevi lete velikom brzinom). Edison je prvi opazio čudesan pojav: ako se u ovakvoj katodnoj cijevi

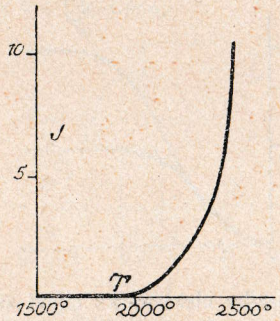
katoda toliko ugrije, da se užari, izbacuje ona već uz mnogo manju napetost struje velik broj elektrona i uz najveću rastanjenost plina u cijevi (»Edisonov efekt«). Već kod 100 volta napetosti između katode i anode lete u cijevi jaki rojevi elektrona od katode k anodi. Kako su ti elektrooi riješeni svojih sponâ s materijom, veoma se slobodno gibaju pa reagiraju i na najmanje sile promjenom svoje brzine. To je čudesno svojstvo katodnih zraka i usjanih katoda kasnije upotrebljeno za konstrukciju »elektronske cijevi srešetkom« — danas daleko najvažnijega aparata u telegrafiji i telefoniji bez žica. O njoj čas kasnije! — Cijev usjane katode je staklena posuda (Sl. 20.), iz koje je, što je više mogu-



Sl. 20. Princip katodne cijevi s usjanom katodom.

će, uzduh isisan; nosi utaljene elektrode *A* i *K* (anoda i katoda). Katoda K je tanka žica kovinska (od volframa), anoda A je kovna pločica. Da bi se tanka žica katode mogla ražariti, njezini su krajevi spojeni s negativnim i pozitivnim polom baterije B_1, koja nema druge svrhe, nego da žicu K toliko ugrije, da se ona ražari i da ju drži usjanu. Poradi toga neka se zove »baterija grijalica« B_1. Prema potrebi mogu njezinu struju pustiti u žicu *K* ili ju mogu prekinuti, pa time žicu s mjesta ohladiti. Druga pak baterija B_2, sklopljena od velikoga broja elementa, spojena je sa svojim pozitivnim polom s anodnom pločicom *A*, a s negativnim svojim polom s katodnom žicom. Da uzduh u staklenoj kugli nije gotovo sav isisan iz nje, struja bi baterije B_2 kolala od pozitivnoga

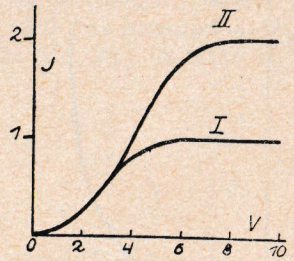
pola baterije B_2 preko anode *A* kroz rastanjeni uzduh k žici K, a odavde natrag k negativnomu polu baterije B_2. No kako je kugla gotovo prazan prostor (»vakuum«), struja baterije B_2 ne može da pređe s pločice A na žicu K: ona je prekinuta. Bateriji B_2 dajemo ime »anodna baterija«, jer njezina struja treba da ulazi preko anode *A*. Doklegod je žica *K* hladna, struja je te baterije prekinuta. Stvar se bitno mijenja, čim se katodna žica usja od struje grijalice B_1. Dolazi Edisonov efekt. Iz usjane žice K izlaze u veliku broju negativni elektroni u kuglu i to u to većem broju, što je viša temperatura žice K. — Ako je sada pločica anode *A* spojena s pozitivnim polom anodne baterije B_2 lete negativni elektroni iz katode u gustu roju k pozitivno nabitoj plo-



Sl. 20a. Diagram za izbijanje elektrona rastenjem temperature.

čici *A*. Što je veća razlika napetosti (što je više volta) između polova anodne baterije B_2, struja će negativnih elektrona biti to brža i jakost će te negativne elektronske struje postajati sve veća u smjeru od K prema *A* kroz vakuum cijevi. Ipak ne može da raste beskonačno. Dosegne li napetost baterije B_2 toliko volta, da u svakoj sekundi na pločicu *A* udari baš toliko negativnih elektrona, koliko ih izlazi iz usjane žice K, dosegla je ta struja elektrona svoju najveću jakost, pa bi uzalud bilo napetost baterije B_2 još uvećavati. Elektronska struja od *K* k pločici *A* dosegla je svoj maksimum (»nasićena

elektronska struja.) Te prilike neka još bolje razjasne dva diagrama. Na sl. 20a na vodoravnom su pravcu zabilježene temperature (T), na osnovnom pak jakosti elektronskih struja (I). Krivulja prije svega pokazuje, kako određenoj temperaturi pripada i određena jakost elektronske struje, a to će reći, da kod te temperature može da se izbacuje samo određen, najveći broj negativnih elektrona. Iz diagrama razbiramo na pr., da kod 2.000° gotovo ništa elektrona ne izlazi (jakost I = 0) iz usjane katode. Ali onda se krivulja naglo uspinje, pa je jakost elektronske struje kod 2500° već 10 miliampera.



Sl. 20b. Karakteristike elektronske cijevi za 2 temperature.

Drugi nam diagram (slika 20b) lijepo prikazuje, kako jakost elektronske struje (I) raste, kada se uklopi anodna baterija B_2 s napetošću (V) na polovima te baterije. Na vodoravnom su pravcu zabilježene napetosti (V) uklopljene anodne baterije, a na osovnom pripadajuće jakosti (I) elektronske struje uz stalnu temperaturu. Gledajući krivulju I razbiramo, da elektronska struja kod malih napetosti (od 0 do 2 volta) najprije pomalo raste, ali onda najednoč (između 2 i 5 volta) dosta naglo raste i na koncu (od 5 volta dalje) ostaje stalna, pa ne pomaže ništa daljnje uvećavanje napetosti anodne baterije. To je baš gore spomenuta »nasićena struja«, koja pripada toj temperaturi. Dabogme ako temperatura usjane žice poraste, izlazi i drukčija nasićena struja, pa i krivulja drukčije teče. Dobivamo krivulju II, koja toj višoj temperaturi pripada. Posve je slična krivulji I, tek se pokazuje, da nasićena elektronska struja veće jakosti nastaje, ne kod 5 volta kao prije, nego tek kod 8 volta napetosti. Ove krivulje I i II zovu se karakteristike katodnih cijevi s usjanom žicom. Jednim pogledom na nje razjašnjuju se prilike te katodne cijevi.

Ove Crookesove ili katodne cijevi, također Röntgenove cijevi, s usjanim katodama i ovom elektronskom strujom, u najnovije vrijeme uđoše s jedne strane u tehniku Röntgenovih zraka, a s druge dadoše povoda izumu vanredno važnu za telefon bez žica. Tomu izumu treba da posvetimo sada osobitu pažnju. Ime mu je »elektronska cijev s rešetkom«.

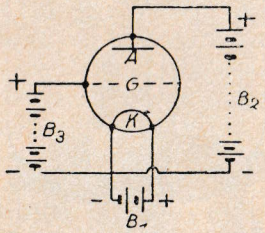
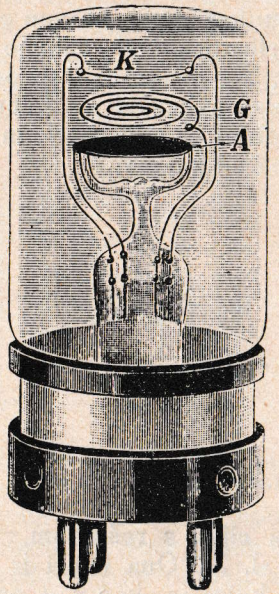


Fig. 44

Sl. 21. Princip elektronske cijevi s rešetkom.

b. **Elektronska cijev s rešetkom.** Njezinu uredbu u principu pokazuje sl. 21. Ona izlazi iz predašnje cijevi. Staklena kugla, u kojoj je, kao i u predašnjem slučaju, najprije utaljena pločica anode A i žica katode K, koja se baterijom grijalicom B_1 može užariti (baterija grijalica ima samo nekoliko volta napetosti), do skrajnosti je ispražnjena od uzduha, tako da se u njoj mogu proizvoditi katodne zrake i struja negativnih elektrona, kada se žica katode K baterijom grijalicom B_1 užari i ujedno onoda A spoji s pozitivnim, a katoda K s negativnim polom jake anodne baterije B_2 od 60—100 volta napetosti. Obilna struja negativnih elektrona iz usjane katode K, — dadosmo joj čas prije ime »elektronska struja« — teče u gustu roju k anodi A. Jakost je struje obično nekoliko

desetina jednoga miliampera. Novost kod »elektronske cijevi« s rešetkom bijaše samo to, da je između anode *A* i katode *K* umetnut još jedan dobar vodič elektricitete, još treća elektroda *G* u obliku spirale od žice, dakle u neku ruku kovna pločica mnogostruko probušena i otuda joj ime »elektroda-rešetka« (franc. reseau, njem. die Gitterelektrode). Ovaj no oko neznatni dodatak u vezi s trećom baterijom B_3 (»baterijom



Sl. 22. Elektronska cijev s rešetkom.

rešetke«) pretvorio je predašnju običnu Crookesovu ili Röntgenovu cijev u dragocjen nov aparat za električnu telegrafiju i telefoniju bez žica i taj aparat nosi danas općeno ime »**elektronska cijev s rešetkom**« ili kraće »elektronska cijev«. Ovaj je izum početak novoga razdoblja u telegrafiji bez žica, jer se u njoj dao vanredno upotrijebiti u više različnih svrha, pa je prema tima dobio uz spomenuto općeno ime još posebna imena: audion, kenotron, poliotron, dinatron. Jednu izvedbu takove elektronske cijevi pokazuje sl. 22. U vakuumu staklene posude je *A* pločica anode, *K* žica katode, a između njih je smještena spirala rešetke *G*. Ulogu te rešetke razumjet ćemo dosta lako. Ako se s pomoću rešetkine baterije B_3 dade rešetki G na pr. pozitivan naboj (sl. 21.), rešetka privlači negativne elektrone dolazeće od usjane katode K, uvećava im brzinu i elektronska struja od *K* prema *A* postaje jača. Dobije li pak rešetka od svoje baterije negativan naboj (spojivši ju s negativnim polom baterije), ona dolazeće od *K* elektrone odbija natrag, jakost se elektronske struje umanjuje. Dajući dakle rešetki makar i veoma malene negativne i pozitivne naboje, mogu znatno utjecati na brzinu, kojom negativni elektroni lete od *K* prema *A* kroz rešetku *G*, dakle na jakost elektronske struje. A kako su u posudi ti negativni elektroni posve slobodni, te se promjene u jakosti elektronske struje zbivaju s mjesta i poradi toga one nastupaju odmah nakon promjenâ naboja rešetke. Postane li rešetka vrlo jako negativno električna, može se postići, da se svi elektroni natrag odbijaju ka katodi *K* i time elektronska struja sasvim prestane. Svakako razbiramo, da smo u elektronskoj cijevi dobili aparat, po kojem imademo u rukama moć, da elektronsku struju u razdalekim granicama po potrebi mijenjamo, a to je baš ono, što je telegrafiji i telefoniji bez žica tako dobro došlo, kako ćemo kasnije vidjeti i razložiti kod opisivanja tih izuma. Ovo dragocjeno svojstvo elektronske cijevi, da momentano mijenja jakost struje negativnih elektrona učinilo ju je, može se s pravom reći, baš univerzalnim aparatom našega novoga izuma. Kako je do toga došlo i što nam sve ta cijev može da bude u njem, to ćemo na pravom mjestu kasnije iz bližega izložiti. Ovdje se radilo tek o tom, da njezin princip osvijetlimo.

DIO DRUGI.

TELEGRAF BEZ ŽICA (T. B. Ž.)

1. Hertzovi električni titraji i valovi.

Telegraf bez žica, koji je umjetnim načinom sagrađen, na koncu konca bit će građen prema starom telegrafu bez žica, danom nam od prirode same — prema optičkom telegrafu. U ovom su 2 glavna dijela: 1) izvor svjetlosti (vatra), u kojem najmanje drobnice izvršuju trajno titraje određene periode (frekvencije); vatra je dakle »*titrač* ili »*oscilator*« (lat.: oscillo=titram), iz kojega se titraji prenose na okolišni svemirski eter u obliku kuglovitih valova određenih dužina, pa joj prema tomu možemo također dati ime »*šiljač*« valova (franc.: l' emetteur; njem.: der Sender) ili »postaja-šiljačica; 2) zdravo oko, koje ima od prirode sposobnost, da te nevidljive valove prima i otkriva; oko je dakle »*primalac*« (franc.: le recepteur; njem.: der Empfänger) ili »*otkrivač*«, ili prema latinskom »detektor«, tih valova. Oko — detektor — treba da bude što osjetljivije i na najslabije eterske valove, koji na nj dolaze. Mi znamo, kako je divan detektor za svjetlosne valove naše oko!

Ta dva dijela: titrač ili šiljač i primalac ili otkrivač bit će glavni dijelovi i novoga umjetnoga telegrafa bez žica. Naš moderni telegraf bez žica osnovan je na jednom preznamenitom otkriću Nijemca *Heinricha Hertza*, profesora fizike u sveučilištu u Bonnu, iz g. 1887., kojemu je prvome uspjelo naći takav »titrač« ili »oscilator« električni, koji je omogućio telegrafiju bez žica. Kada se

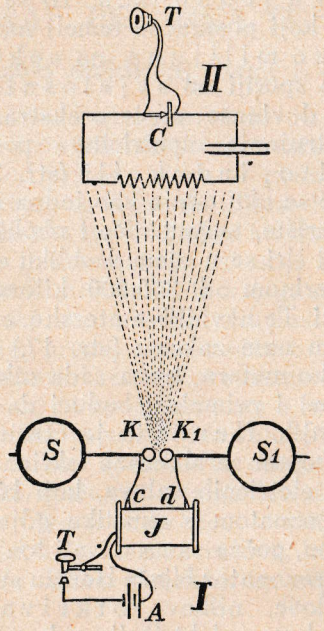
oklopi Leydenske boce, nabiti suprotnim elektricitetama[1]), preko izbijača isprazne, javlja se uz znatan prasak, kratkotrajna veoma svijetla »električna iskra« kao učinak spajanja suprotnih naboja. Ono, što naše oko vidi kao jednu iskru, odalo se fizičarima kao cio niz iskara. Suprotni se naboji ne izjednačiše u jedan mah, nego se elektriciteta neko vrijeme njiše tamo i amo između oba oklopa, a to se gibanje očituje u cijelom nizu zasebičnih, ali odjelitih iskara, koje se samo radi velike brzine slijeda za naše oko sliju u jednu iskru. To su ti brzi Hertzovi električni titraji, koji postadoše temelj našemu izumu. Dolazi ih nekoliko milijuna na sekundu, dakle su još uvijek mnogo sporiji od svjelosnih titraja (str. 19.). I uzroku se dovinuše: on je u ekstrastrujama, koje se javljaju kada strujanje elektricitete počinje i završuje, dakle u vlastitoj indukciji (str. 25.). Ali titranje elektricitete, koje se oku odaje kao jedna iskra, ne ostaje ograničeno na iskrište, nego potiče i okolišni eter na posve jednako titranje i širi se u njem u obliku električnih valova na sve strane brzinom od 300.000 kilometara u sekundi, brzinom svjetlosti. Te nevidljive eterske, električne valove, koji po poznatom nam zakonu (str. 17.) još uvijek imaju dužine od nekoliko metara, treba sada otkriti, treba za nje otkrivač (detektor) i primalac, budući da nemamo od prirode organa za njih. Hertz ih je otkrio svojim »rezonatorom«, u kojem se slabašne iskrice javljahu između dvije kuglice od eletričnih valova, koji bi na njih udarali prema principu, poznatom iz akustike, gdje akustična vilica, udešena na isti ton, počne sama davati ton od udaljene zvučeće vilice.[2]) Taj rezonator bijaše Hertzu »umjetno oko« za električne valove, njihov »otkrivač« (detektor) i ujedno »primalac« električnih valova, kojim je on u svojim glasovitim pokusima nedvoumno prije svega poka-

[1]) U ranijim svojim djelima uzimao sam »elektricitet« muškoga roda. Opazio sam, kako to zavodi našu omladinu, da ju uzme muškoga roda i u njemačkom jeziku. S toga sam kasnije prešao na oblik ženskoga roda »elektriciteta«.

[2]) Isporedi O. Kučera: Valovi i zrake. Str. 123.—125.

zao, da zaista ima električnih valova, koji se od titrača šire na sve strane brzinom svjetlosti; koji se i odbijaju i lome po istim zakonima, kao i valovi svjetlosti, ali se od njih razlikuju mnogo većom svojom dužinom vala i mnogo manjom frekvencijom.

Kako je u tim Hertzovim pokusima izvor našemu izumu treba za sve dalje razumijevanje ovdje izložiti raspored pokusâ i aparata Hertzovih u kratkom nacrtu. Slika 23. ga pokazuje. I. je postaja, u kojoj se električni



Sl. 23. Raspored Hertzovih pokusa o električnim valovima.

titraji bude t. j. u kojoj je »titrač« namješten i iz koje se valovi prenose u prostor, da kao eterski valovi kuglovitih fronta idu na sve strane. — II. je postaja za primanje: u njoj je primalac valova, koji bijaše kod Hertzovih pokusa od prve postaje šiljačice udaljen najviše 20 m.

a. Postaja šiljačica I. Glavni joj je dio »titrač ili »oscilator« SKK_1S_1. Dvije kovne motke nose na unutrašnjim krajevima male kovne kuglice K i K_1, na izvanjim veće kugle kovne S i S_1. Motke su provodnicama spojene s izvanjim (sekundarnim) svitkom Ruhmkorffova induktorija (str. 25.) I kod c i d, dok je unutrašnji (primarni) svitak induktorija spojen s baterijom jednake struje A, a u taj je krug struje još uklopljen ključ ili tipkalo T poznatoga Morseova telegrafa[3]). Kada se tipkalo T pritisne, pušta se struja baterije u unutrašnji svitak induktorija i ona budi poznatim nam načinom u izvanjem svitku inducirane izmjenične struje (str. 24.), koje nabijaju lijevu i desnu motku suprotnim električnim nabojima (+ i —) sve veće napetosti. Kada napetost dosegne određenu visinu, ona svlada veoma veliki otpor uzduha između kuglica K i K_1 (»iskrište«), i između njih preskoči kratkotrajna, ali jaka i svijetla iskra uz priličan prasak i »titrač« se je ispraznio. Ako tipkalo T ostaje i dalje pritisnuto, titrač se brzo ponovno nabije iz induktorija, pa ponovno preskoči takva iskra i to se u prilično brzu slijedu ponavlja, budući da se titrač SKK_1S_1 brzo nabija iz induktorija. — Ispusti li se tipkalo T, prestaje struja baterije, induktorij I ne nabija više titrača i iskara nestaje. No svaka takva iskra nije jedinstvena, kako se oku pričinja, nego u titraču (oscilatoru) S K K_1 S_1 elektriciteta ide veoma mnogo puta tamo i amo: elektroni u titraču **titraju**. Koliko vremena jedan titraj traje, to zavisi: 1) od kapacitete (str. 27.) kugala S i S_1 i 2) od vlastite indukcije (str. 24.) žica. Ovaj se titrač zove po svom obretniku »Righijev oscilator, pa kako kugle S i S_1 nisu spojene kakvom provodnicom, dobio je on ime »otvoreni titrajni krug«: elektroni u njem idu samo od S k S^1 i natrag. No kao što se titraji akustične vilice prenose na okolišni uzduh i u njem se kao nevidljivi uzdušni valovi kuglovitih fronta šire

[3]) Isp. Kučera, Crte o magnetizmu i elektricitetu. Zagreb, 1891. Izdanje Mat. Hrv. Str. 259—269., gdje je podrobno opisan Morseov telegraf.

na sve stane u atmosferi[4]) brzinom od 333 m u sekundi, tako se i ovdje električni titraji s titrača prenose na okolišni svemirski eter i u njem se sve dalje na sve strane šire kao nevidljivi »eterski električni valovi« kuglovitih fronta ali s brzinom svjetlosti od 300.000 kilometara u sekundi. Na slici su zrake tih valova djelomice prikazane. U tren oka je fronta valova stigla do postaje II i tamo postoje sada isto takva periodična gibanja etera kao u titraču postaje šiljačice.

b. Postaja primalica II. Na ovoj je postaji najglavnija sprava ona, koja će nam otkriti stigle električne valove i pokazati, da na tom mjestu zaista postoje električni valovi. Toj najvažnijoj spravi dadosmo već ime »otkrivač« valova ili »detektor« valova (lat: detego = otkrivam). Tih je otkrivača počevši od prvoga Hertzova do danas izumljen velik broj. Na našoj je slici kod *C* namješten tako zvani »kontaktni ili kristalni detektor«, koji se je do nedavna najviše upotrebljavao, a i sada još dosta upotrebljava; no danas je već često naknađen drugim savršenijim. O tom kasnije. Ovaj se detektor *C* osniva na tom, da električni valovi, koji dolaze, ono mjesto, gdje se kovni štapić otkrivača (detektora) dotiče pločice lošega vodića, nešto ugriju i bûde promjenljive električne termostruje.[5]) Detektor *C* je spojen s telefonom *T*; termostruje ulaze u taj telefon i njegova se pločica pokrene na titranje. Pada li niz zasebičnih valova brzo na detektor *C*, termostruje membranu telefona potiču na pravilno titranje i telefon daje ton određene visine. Imamo ovaj čudesan rezultat: ako iz postaje I na pr. pustimo pritiskom tipkala *T*, niz valova (kojih na pr. 1000 dolazi na sekundu) samo kratko vrijeme, čut ćemo na postaji II u telefonu kratak ton, koji odgovara točki Morseova alfabeta. Duži pritisak tipkala dat će u telefonu duže trajući ton iste visine, koji odgovara Morseovu pravcu. Tipkač u postaji I telegrafira s Morseovim alfabetom od točaka i pravaca, a slušalac na postaji II čuje u telefonu slova toga alfabeta. Kako vidimo

[4]) Isp. Kučera, Valovi i zrake, str. 47. sl. 22.

[5]) Isp. Kučera, Crte o magnetizmu i elektricitetu. Str. 215—218.

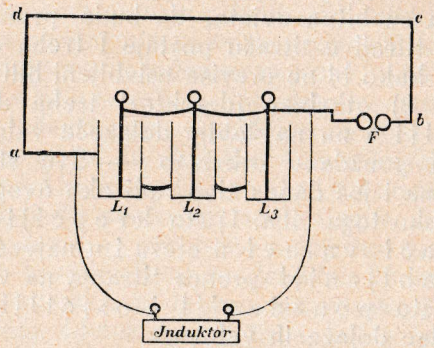
slova Morseova alfabeta prenesena su bez žica s pomoću eterskih valova na detektor *C*, a iz ovoga u telefon kao kratki i dugi tonovi: telegram se prima »slušanjem«, mjesto da se piše na vrpci papira, koji se kod Morseova telegrafa odmata u pisaru.[6])

To je osnovna misao telegrafa bez žica izražena pokusom u fizikalnom laboratoriju. Principijelna sličnost s optičkim telegrafom udara u oči. Titrač (oscilator) postaje I odgovara vatri na jednom brijegu ili zvijezdi na nebu, otkrivač (detektor) postaje II odgovora oku na drugom brijegu. Dva su bitna uvjeta, da bude prenos bez žica uspješan: 1) titraji u titraču postaje I treba da budu što krepčiji, kako bi ne previše oslabljeni bili preneseni u postaju II i 2) otkrivač (detektor) treba da bude što osjetljiviji i na najslabije dolazeće valove, kako bi ih primao i pouzdano otkrivao — Sve što se radilo ovih 30 godina i još danas živo radi oko ovoga rasporeda pokusâ ide oko toga cilja: 1) što krepčiji titraji u titraču i što jači valovi u eteru i u najvećoj daljini, 2) što neoslabljeniji prenos titranja na veoma velike daljine i 3) što pouzdaniji i osjetljiviji otkrivač i primalac dolazećih valova.

Nije ovdje mjesto, da se upuštamo u opisivanje, kako se iz ovih pokusa u rukama genijalnoga inžinira Marconija razvio prvi praktični telegraf bez žica, kojim je on god. 1896. kod pokusa u Engleskoj i Italiji uspio, da zaista prenosi znakove 3—4 kilometra daleko kroz uzduh bez ikakvih žica. Za ciglih 20 godina se gradnja postajâ šiljačicâ i postajâ primalica, dakle gradnja i titrača (oscilatora) i otkrivača (detektora) tako razvila, da danas postoji telegrafski saobraćaj bez žica preko svih oceana mnogo tisuća kilometara daleko. Sve je nastojanje išlo za tim izgraditi što bolje titrače (oscilatore) ili »šiljače« i što bolje detektore (otkrivače) na postaji za primanje nevidljivih električnih valova iz velikih daljina. Taj razvitak treba da ukratko saznamo.

[6]) Za Morseov telegraf isporedi: Kučera, Crte o magnetizmu i elektriciteti str. 259—269.

2. Dalji razvitak postaje-šiljačice. — Da budu električni valovi, koje bûdi titrač (oscilator) postaje šiljačice (I) i u velikim daljinama još dosta jaki, treba da bude energija pretvorena u titranje što veća. Treba dakle za proizvođenje iskara odabirati vodiće što veće kapacitete (str. 27.), a to su Leydenske boce i uopće kondenzatori. Više Leydenskih boca, usporedo spojenih, daje po volji velike kapacitete. Izlazi ovaj raspored titrača. (Sl. 24.): tri Leydenske boce L_1 L_2 i L_3 nabijaju se iz



Sl. 24. Princip postaje šiljalice sa zatvorenim krugom titrajâ.

Ruhmkorffova induktora. Kada je napetost suprotnih naboja na oklopima boca dosegla nužnu visinu, preskoči kod *F* kratkotrajna jaka iskra. Ta je iskra, kako znamo, složena od velikoga broja titrajâ elektriciteta u krugu struje *abcd*, koji je samo kod *F* nešto malo prekinut, pa se može nazvati »zatvoreni krug« struje. Uočimo sada na čas iz bližega te titraje! Radi uklopljenih velikih kapaciteta energija je titrajâ velika. Koliko je trajanje tih električnih titraja? Na to je Kirchoff odgovorio zakonom:

Trajanje ili perioda tih titraja to je veća, što je veća kapaciteta titrača za elektricitetu i što je veća vlastita indukcija u žici provodnici.

[7]) Isporedi: O. Kučera, Valovi i zrake. Str. 374—394.

Bilješka. Ovaj veoma važni zakon u matematičkom obliku glasi $T = 2\pi \sqrt{L.\ C}$ (Thomson-Kirchhoffov zakon), gdje **C** kapaciteta u faradima (str. 27.), a **L** vlastita indukcija u anrijima (str. 38.). Umjesto periode **T** može se uvesti i dužina vala *l*, pa izlazi $l = 2\pi \sqrt{L.\ C}$, ali sada su C i L izraženi metríma (str 28. i 39.) Primjer kapaciteta kruga neka bude **C** = 20.000 cm = 200 m; vlastita indukcija **L** = 25.000 cm = 250 m; izlazi dužina vala *l* = 1400 m. (2π = 6.28 = dvostruki Ludolfov broj!). U telegrafiji bez žica upotrebljavaju se danas valovi između 100 m i 30.000 m dužine.

Uzmimo konkretni slučaj. Iskra traje pô sekunde. Po Thomson—Kirchhoffovu zakonu određena perioda titraja neka bude 1/1,000.000 sekunde t. j. u pô sekunde je elektriciteta u krugu *abcd* izvršila 500.000 titraja i toliko je valova otišlo u prostor oko nje, koji se šire po eterskom oceanu brzinom od 300.000 km u sekundi. Broj titraja u čitavoj sekundi (»frekvencija«) je 1,000.000 titraja, dakle je dužina jednoga vala:

$$l. = 300{,}000.000 : 1{,}000.000 = 300 \text{ m.}$$

Očekivali bismo dakle da ovaj titrač može da šalje krepke električne valove te dužine u eterski ocean. Pa ipak on u daljinu gotovo ništa ne djeluje! Uzrok je u tom, da elektriciteta u donjem dijelu kruga *a b* teče na pr. s lijeva na desno, a u gornjem u istom času s desna na lijevo. U daljini ta dva dijela istoga titraja izvode indukcije suprotnoga smjera, koje se ili slabe ili posve unište. Dakle:

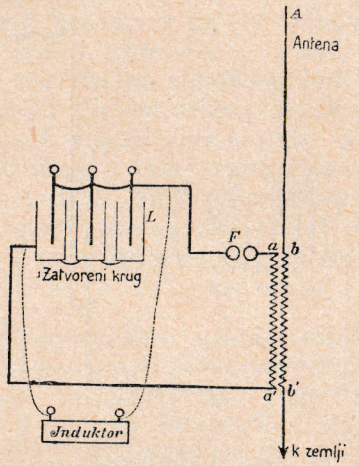
Zatvoreni krug električnih titraja ne djeluje u daljinu!

Isporedimo sada prilike u predašnjem Righiovom titraču (sl. 23.) s prilikama u ovom titraču. U onom prvom elektriciteta izvršuje titraje na putu od S do S_1 i natrag, a nema kruga okolo na okolo za titraje elektrona, kao u drugom. Righievu titraču dajemo s toga — i svim sličnima — ime »otvoren krug titranja«. Ali u tom titraču je

kapaciteta za elektricitetu malena: obje kugle S i S_1 mogu razmjerno male množine elektricitete da saberu prije postanja iskre. S te je strane drugi titrač sa svoje 3 Leydenske boce drugi goso: velike se množine elektricitete sabiru i kad plane iskra, zatitraju u zatvorenu krugu žicâ velike množine elektricitete, jer je kapaciteta Leydenskih boca veoma velika. A kad zatritraju velike množine elektricitete u titraču, velika je i energija tih titraja i u okolišnom eteru mogu da postanu snažni valovi, koji daleko mogu da dopru prije nego se posve izgube. U Righievu titraču titraju male množine elektricitete, pa izvode u okolini i slabe valove, koji se razmjerno brzo gube te ne dopiru u daleku okolinu. Ali za to ovaj opet ima veliku jednu prednost spram prvoga titrača: kod njega nema slabljenja i uništavanja valova, koje opazismo kod prvoga titrača. Dakle sve ujedno: otvoreni krug titranja ima doduše malu kapacitetu i energiju titraja, ali valovi se međusobno ne slabe u okolini eterskoj; zatvoreni krug titranja ima veliku kapacitetu i energiju, ali valovi ne djeluju, jer se među sobom slabe i ništе. Ne bi li bilo moguće izgraditi titrač, koji bi u sebi spajao dobra svojstva jednoga i drugoga t. j. izgraditi titrač otvorenoga kruga, ali ujedno velike kapacitete za elektricitetu? To bi očito bio titrač, koji bi nas zadovoljio. Zasluga je Marconija, da je prvi spoznao veliku vrijednost električnih titraja u upravnoj žici provodnici, u »otvorenu krugu« za šiljanje električnih valova u daljinu. On je u tu svrhu kuglu S Righieva titrača (sl. 23.) naknadio veoma dugačkom upravnom žicom, koja se penje i do 50 m visoko, a mjesto kugle S_1 vodio je žicu dolje u zemlju; kuglu S_1 naknadio je u neku ruku golemom kuglom zemaljskom. Ta dugačka žica upravna dobila je ime »antena« (latinski: antenna = križak na jedrenjacima). Righiev se titrač dugačkom svojom antenom u neku ruku pretvorio u titrač velike kapacitete. I tim dodatkom antene Marconi je kod svojih pokusâ u Speciji (u Italiji) mogao slati električne valove i brzojave do 35 kilometara daleko, dok je Hertz kod svojih pokusa

(sl. 23.) primjetljive valove dobio jedva 20 metara daleko od Righieva titrača! Ali nužna posljedica bijaše, da se i na drugoj postaji primalici postavi isto takova antena za hvatanje i otkrivanje prispjelih električnih valova.

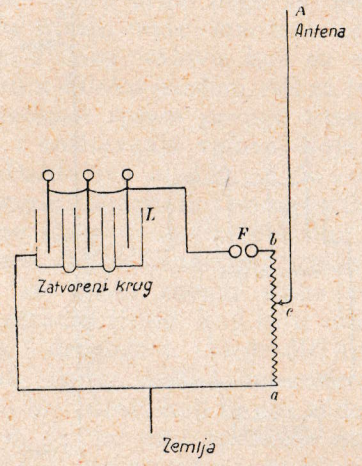
Korak dalje u izgradnji postaje šiljačice dovela je ova misao. Ne bi li se kakogod dao izvesti titrač, u kojem bi se veoma snažni električni titraji izvodili u zatvorenu krugu (sl. 24.), i onda s njega prenijeli na otvoreni krug t. j. na Marconijevu antenu?



Sl. 25. Induktivno vezivanje zatvorenoga kruga s antenom.

Zasluga je Marconija, da je prvi to izveo; raspored pokazuje ova slika (sl. 25). Vidimo pređašnji zatvoreni krug s Leydenskim bocama *L*, iskrištem *F* i induktorom; tek je dio žice *a a*, smotan u svitak, kojim amo i tamo lete snažni električni titraji kao izmjenične struje veoma velike frekvencije. On je primarni svitak naših pokusa o voltaindukciji (str. 24.); taj svitak bûdi u sekundarnom svitku *bb*, koji se nastavlja gore u visoku antenu *A*, a dolje vodi u zemlju, voltaindukcijom isto takve električne titraje. Oba svitka čine dakle jedan transformator struje (str. 25.), koji se može i za to upotrijebiti,

da napetost induciranih titraja u otvorenu krugu *A b* **b**, t. j. u anteni po volji povisuje. Vidimo dakle: električni titraji zatvorenoga kruga, koji u daljinu ne djeluje, prenose se s pomoću voltaindukcije na upravnu žicu, na otvoreni krug t. j. na antenu i tim titrajima sada ništa ne smeta, da šalju snažne valove u prostor. Ovomu načinu prenošenja titraja jednoga zatvorenoga kruga na otvoreni, dajemo ime »induktivno vezivanje« obaju krugova (njem.: die induktive Koppelung). Pravi je dakle



Sl. 26. Direktno sklapanje zatvorenoga kruga s antenom.

titrač (oscilator), koji valove u daljinu šalje, ovdje antena, a ne zatvoreni krug. No danas se mnogo više upotrebljava drugi način vezivanja obaju krugova, prikazan slikom 26. Opet vidimo zatvoreni krug s iskrištem *F* i svitkom *ba*. No antena se izravno s krajem *c* priključi jednomu zavoju svitka. Titraji u *c* pobuđuju i elektrone antene na titranje, koje se po njoj širi. Ovomu načinu vezivanja obaju krugova dajemo ime »direktno (izravno) vezivanje« obih krugova (njem.: die direkte Koppelung). Ovdje se antena nastavlja preko komada sivtka *c a* i provodnice do zemlje. No kod ovoga načina

vezivanja ulazi u račun nov pojav — pojav »rezonancije« poznat iz akustike. Zatvoreni krug naš izvršuje električne titraje određenoga trajanja, koje zavisi od njegovih električnih svojstava (kapacitete i vlastite indukcije). I antena može izvršivati samo titraje određene periode prema svojim električnim svojstvima. Želimo li, da zatvoreni krug potakne antenu na električno titranje, moraju se trajanja obih titraja (u zatvorenu krugu i u anteni) podudarati. Antenu treba ugoditi na titraje kruga, ako želimo dobiti što jače titranje u njoj. Kada je to izvršeno, postaje u anteni odbijanjem titraja na kraju *A* natrag u žicu stojno titranje sa čvorovima i trbušcima na određenim mjestima, baš kao u napetim žicama u akustici.[8]) Na čvorovima je mir, na trbušcima najjače titranje. U slučaju rezonancije dužina je antene četvrtina od dužine vala zatvorenoga kruga. Ovaj je način vezivanja izumio Nijemac profesor Braun i on je općeno prihvaćen radi svojih velikih prednosti, pa se ovakva postaja i zove po njem »Braunova postaja šiljačica«.

No za dobar rad ovakve postaje šiljačice ulazi jedan novi veoma važni momenat. Zatvoreni njezin krug i njezina antena treba da su, kako čas prije pokazasmo, što točnije ugođeni na **istu** dužinu električnih valova. Redovito se antena ugađa na titraje zatvorenoga kruga. Sredstva za to već poznajemo (str. 42.). Uklapanjem zgodnih kondenzatora i, ako treba, i zgodno udešenih vlastitih indukcija (svitaka žicâ), može se svagda postići, da zatvoreni krug i antena šiljačica izvršuju električne titraje posve jednakoga trajanja. Praksa je iznijela u tu svrhu jednostavne i sigurne konstrukcije i kondenzatora i vlastitih indukcija (svitaka), koji su tako udešeni, da se mogu i kapacitete i vlastite indukcije prema potrebi mijenjati. Zovu se »promjenljive kapacitete« i »promjenljive vlastite indukcije«. Sprave prve vrste nose također ime

[8]) Isp. O. Kučera: Valovi i zrake. Str. 88—97.

»vrtežni kondenzatori«, a one druge vrste »variometri«. Ovaj nas čas ti dodaci postaji šiljačici dalje ne zanimaju. Zadovoljujemo se spoznajom, da imamo danas velik broj postaja šiljačica vanredno velikih energija električnih, koje u svemirskom eteru bude snažne nevidljive električne valove određenih dužina (l), koji se brzinom od 300.000 kilometara na sve strane prostora šire.

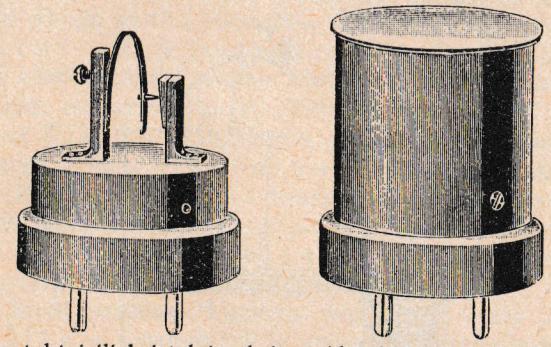
Što veća energija takve postaje šiljačice, to je veća daljina, do koje dopiru njezini ugovoreni znaci. Marconi je već g. 1907. izveo svoju osnovu, da u Evropi i Americi izgradi orijaške postaje šiljačice, koje goleme množine energije izbijaju u prostor na sve strane u obliku nevidljivih električnih valova određene dužine, pak je na 5000 do 6000 kilometara mogao telegrafirati preko atlantskoga oceana. Danas ima već mnogo takvih velepostaja šiljačica. Spominjemo postaje Eiffelov toranj u Parizu, postaje u Lyonu, u Rimu, u Tuckertonu i Sayvilleu u Americi, u Nauenu kraj Berlina, u Madridu. U tih velepostaja antene nisu više jednostavne upravne i visoke žice, nego čitave mreže žica.

Nas u prvom redu zanimaju postaje primalice i njihovu se uređenju sada obraćamo. Tu ćemo i podrobnije upoznati uredbe, koje služe tomu, da se postigne što bolje izjednačivanje električnih titraja izvedenih u zatvorenim i otvorenim krugovima i postajâ šiljačica i postajâ primalica.

3. Postaja primalica.

Uzimamo, da u anteni daleke postaje šiljačice elektroni izvršuju titraje određena trajanja i u svemirskom eteru bude krepke električne valove određene dužine (na pr. dužina vala = 500 metara), koji se brzinom svjetlosti šire na sve strane. Dolaze i do nas. Od prirode nemamo organa, koji bi ih osjetio i primao kao što ga na pr. imamo za eterske vanredno kratke svjetlosne valove u našem oku. Trebalo je dakle izumiti u neku ruku umjetno oko, sposobno da reagira na te nevidljive

električne valove dugačke 500 m, i udešeno tako, da nam ih otkriva (detektor) i da ih prima (primalac). Red je sada, da opišemo raspored sprava iznađenih za primanje i otkrivanje tih valova i da ih temeljitomu razumijevanju privedemo, kako bi ih umjeli, kako valja, upotrijebiti. Na svakoj postaji primalici prije svega razlikujemo također dva kruga za električne titraje, kao i na postaji šiljačici: 1) antenu primalicu ili otvoreni krug i 2) zatvoreni krug, na koji se električni titraji antene prenose i gdje je smješten otkrivač (detektor) tih valova. Dok je u zatvorenu krugu postaje šiljačice (sl. 24. i 25. i 26.) glavni dio bilo iskrište F, gdje se bude snažni električni titraji, u inače posve sličnu zatvorenu krugu postaje primalice, glavni je dio

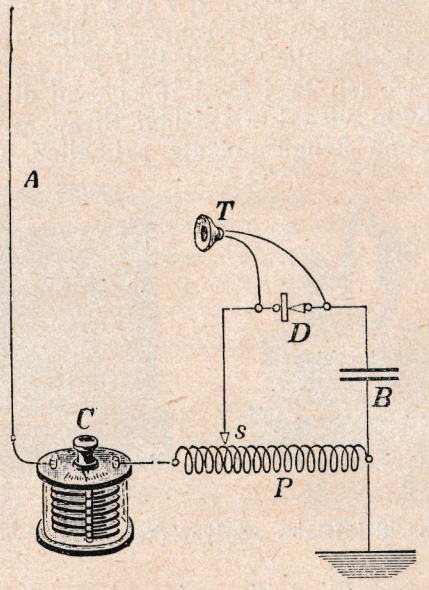


Sl. 27. Kontaktni ili kristalni otkrivač (detektor), otvoren i zatvoren.

otkrivač (detektor) ili primalac tih valova. Prvi takav otkrivač i primalac bijaše »koherer« francuskoga naučenjaka Branly-ja. Danas je već sasvim izlučen radi svoje nepouzdanosti i hirovitosti. Naknađen je pouzdanijim otkrivačem, koji je dobio ime »kontaktni detektor« (= dodirni otkrivač), pa se i danas još veoma mnogo upotrebljava. Ovdje ga podrobnije opisujemo.

Vrlo jednostavna sprava (sl. 27). Šiljak zlatne žice dotiče se komadića rude pirita (lijeva slika). Kod porabe je pokrit kapicom (desna slika). Dođu li do toga

mjesta, gdje se dotiču zlato i pirit, makar otkuda električni titraji, to se mjesto dotika nešto malo ugrije i tim postaje slabašna toplinsko-električna struja,[9]) koja jednu polovinu električnoga titraja pojačava, a drugu polovinu titraja (koja je spram toplinske struje suprotnoga smjera) slabi ili i posve uništi. Ako se sada ove promjenljive struje uvode u telefon (sl. 28.) *T*, njegova pločica, prislonjena na uho, zatitra i daje ton,



Sl. 28. Postaja primalica s kontaktnim detektorom *D* u principu.

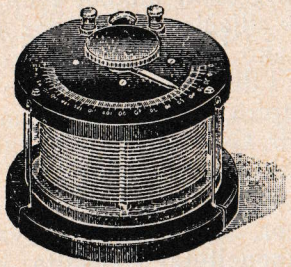
ako je na detektor došao cio niz električnih valova. Taj ton ima određenu i stalnu svoju visinu već prema broju valova prispjelih u svakoj sekundi. Ako je iz postaje šiljačice došao kratkotrajan niz valova (na pr. od 1 iskre), u telefonu se čuje

[9]) O. Kučera: Novovjeki izumi, knjiga III. Zagreb 1910. Str. 91—97.

kratak ton (jedan slabi prasak) — jedna točka. Ako je pako iz postaje šiljačice poslan duži niz zasebičnih iskara, u telefonu je ton dugotrajan — jedan pravac ili niz prasaka. Telefon daje dakle slušaču čujne točke i čujne pravce. Od točaka pak i pravaca sastavljen je poznati Morseov telegrafski alfabet i mi sada razumijemo, kako se iz postaje šiljačice mogu kroz svemirski eter slati točke i pravci i kako ih naše uho preko slušalice telefona prima kao kratke i duge tonove. Brzojavi se ovdje ne primaju na vrpci papira, nego ih primamo uhom i onda prenosimo na papir. Gornja nam je slika sada jasna. Glavni dijelovi svake postaje primalice jesu: 1) antena primalica *A*, koja mora da je ugođena na primanje valova postaje šiljačice (na pr. 500 m). U tu je svrhu u nju uklopljen kondenzator *C* (kapaciteta) i vlastita indukcija P (svitak žice). Od ovoga svitka teče žica dolje u zemlju. A C P — zemlja otvoreni je krug postaje primalice i u njem bude dolazeći elektr. valovi snažne električne titraje. Kontaktom s pomičnim uzduž svitka P, ti se titraji uvode u otkrivač (detektor) *D*, koji s uklopljenim drugim kondenzatorom *B* i telefonom *T* čini »zatvoreni krug« postaje primalice *s P B D*. Detektor D i telefon T glavni su mu dio, a uklopljeni kondenzator *B* i pomični kontakt *s* služe poznatim nam već načinom ugađanju električnih titraja toga kruga spram titraja u anteni primalici.

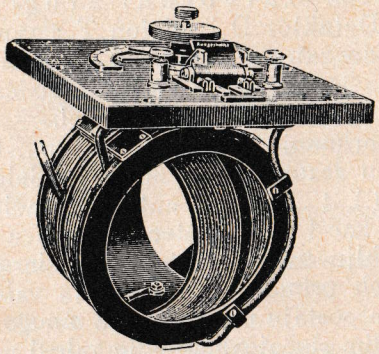
Da bude primanje valova uspješno, treba da bude primalica u rezonanciji s antenom daleke postaje šiljačice (str. 61.), t. j. titraji antene šiljačice moraju biti **istoga trajanja** kao i titraji antene primalice zajedno s aparatima njoj priključenima. Od toga podudaranja u titrajima ovisi sav uspjeh primanja i otkrivanja valova iz daljine. Tim ugađanjem postaju učinci valova mnogo krepčiji i izrazitiji, a u mnogim slučajevima, gdje valovi ne bi uopće više djelovali, potpuna rezonancija ih ipak otkriva. Da se pak takvo podudaranje postigne, za to imamo poznata već 2 sredstva (str. 42.): u otvoreni i zatvoreni krug njezin u k lapamo zgodne kapacitete (kondenzatore) i primjerene vlastite indukcije (svitke žicâ). No za te svrhe treba da budu i kondenzatori i svici tako građeni, da budu pro-

mjenljivi. To je za praksu i riješeno: grade se »vrtežni kondenzatori (sl. 29.), koji pored čvrstih ploča imaju i sustav pomičnih ploča među prvima. Kada su pomične ploče sasvim utaknute među čvrste, kapaciteta je najveća, kada su posve izvučene iz njih, najmanja je. Ka-



Sl. 29. Vrtežni kondenzator ili promjenljiva kapaciteta.

zalo na poklopcu staklene posude, u kojoj su sve te ploče, kazuje međusobni njihov položaj i obično u centimetrima i kapacitetu (str. 28.). Tim se aparatom može kapaci-



Sl. 30. Variometar ili promjenljiva vlastita indukcija.

teta između određenih granica neprekidno mijenjati, da se postigne što bolje podudaranje u trajanju titraja. I drugi faktor, koji određuje trajanje električnih titraja — vlastita indukcija — treba da se može neprekidno mijenjati.

Tomu služe »variometri« (sl. 30.). To su dva svitka žice jedan u drugom; unutrašnji se može spram izvanjega vrtiti, pa je u različnim položajima i vlastita indukcija različna. Najveća je, kada su svici usporedni, a struje u oba svitka teku istim smjerom; najmanja je, kada su svici usporedni, ali struje teku suprotnim smjerom; čitav je aparat u kutiji, a kazalo na poklopcu pokazuje kod vrtnje uklopljenu vlastitu indukciju u centimetrima (str. 39.). S ta dva pomoćna aparata mogu se svaka dva odjelita titrajna kruga dovesti do potpune rezonancije.

No kada se takva dva udešena kruga među sobom vezivaju — bilo induktivno, bilo direktno (str. 50.) nestaje žalibože njihove potpune rezonancije, jer sada jedan krug na drugi djeluje i indukcijom budi nove izmjenične struje — nova titranja. Pokazalo se, da sada u svakom krugu nema samo jedno određeno titranje, nego njih dva različnoga trajanja i to oba drukčijega trajanja nego što bijaše ono prvo zajedničko titranje: jedno je većega, drugo manjega trajanja od prvotnoga! Ovaj se neugodni učinak sa svojim posljedicama može dosta mijenjati, ako se oba susjedna kruga titranja ili »usko« ili »široko« vezuju (»usko vezivanje« i »široko vezivanje« titrajnih krugova). Mi znamo otprije: otvoreni se i zatvoreni krug vezuju ili induktivno ili direktno (str. 60.). Kod prvoga načina vezivanja — kod induktivnoga (str. 60. i sl. 25.) oba se svitka mogu što bliže jedan drugomu namjestiti. Velimo: »usko« su vezani. Svaki krug dobije dva različna trajanja titraja, to različnija, što je vezivanje *uže*. — Kod drugoga direktnoga (galvanskoga) vezivanja (str. 60. sl. 26.) obaju krugova bit će vezivanje onda usko, ako mnogo zavoja svitka *a b* bude zajedničkih jednomu i drugomu krugu t. j. kada je priključna točka *c* antene gore prema *b* pomaknuta.

Kod širokoga vezivanja u oba slučaja raspored je baš obrnut. Induktivno vezivanje obaju krugova ište u tom slučaju razdaleko namještenje svitaka. Direktno vezivanje ište, da točka *c* bude dolje pomaknuta prema *a* t. j. malo zajedničkih zavoja svitka.

Posljedica je svakoga uskoga vezivanja obih krugova, da je drugi (sekundarni) krug potaknut na krepke titraje t. j. (akustički rečeno) na jak ton, a širokoga je vezivanja posljedica — slab (tih) ton. — Rekao bi dakle čovjek, da je samo usko vezivanje obaju krugova za naše svrhe dobro. Tako bi i bilo, da time ne postaju u oba kruga dva različna vala, koji (opet u govoru akustike) daju nečist glas — doduše jak. — Kod širokoga je vezivanja glas doduše slab — ali je čist. Što čišći glas t. j. što je bolje istaknuto jedno titranje u okrugu, to se točnije dadu krugovi ugađati na jednake titraje, to se potpunija rezonancija može postići, a potpuna rezonancija to je ipak glavno za uspjeh. Od dva zla treba birati manje: ili jako titranje uskoga vezivanja s lošom rezonancijom ili slabo titranje širokoga vezivanja s dobrom rezonancijom!

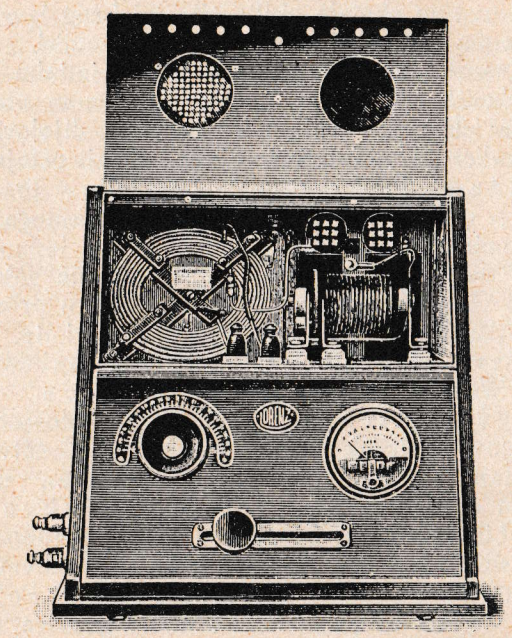
4. Utišani i neutišani titraji na postaji šiljačici. — Kako svako električno titranje u provodnicama nailazi na otpor, amplitude (zamasi) titrajâ postaju sve slabiji, dok ne isčeznu posvema (str. 14., sl. 5.), baš kao kod njihala. Kod neutišanih titraja pak str. 13., sl. 4.) te su amplitude sve jednake. Ako su pak titraji jako utišani, ne da se postići oštra rezonancija drugoga kruga. U titrajnim krugovima, do sada opisanim (sl. 25. i sl. 26.) svagda se javlja utišavanje titraja, a na mjesto nestaloga titranja javlja se u provodnicama toplina — one se ugriju. Da titraji ostanu neutišani, trebalo bi neprestano izvana dovoditi novu energiju, koja bi gubitke naknadila. Nakon mnogih pokusa uspjelo je to dovođenje u najnovijem, četvrtom odsječku razvijanja T. B. Ž. s pomoću elektronskih cijevi (str. 43.), pa smo baš sada u času temeljite preobrazbe te telegrafije, koja sada već posve radi s neutišanim titranjima, ali ima još mnogo postaja, koje po starom rade s utišanim titrajima. Taj preokret opisat ćemo nešto kasnije.

Kako je međutim najveći otpor titrajnoga kruga postaje šiljačice svagda u iskri samoj, valovi su takova kruga, kojemu je titrač (oscilator) snažan niz iskara, svagda

više ili manje utišani i oštra je rezonancija nemoguća. Kod davanja znakova Morseova alfabeta trebalo bi pak da u titrajnom krugu budu titraji veoma utišani t. j. da nakon jednoga krepkoga niza titraja (nakon 1 iskre) krug odmah prestane titrati. Nijemac W. Wien otkrio je, da se to može postići, ako se iskrište uzme veoma kratko, pa se mjesto jakih iskara upotrebe posve malene iskrice: u tom slučaju zbilja titrajni krug izvrši jedan jedini, krepak titraj i nakon njega se smiri. Antena, usko vezivana s njim, potaknuta je tim jednim titrajem na svoje vlastito titranje, ali, kako u njenom otvorenom krugu nema iskrišta s velikim otporom, a dijelovi su joj svi dobri vodići malena otpora, njezini titraji ostaju veoma malo utišani dulje vremena i ona šalje u prostor valove slabo utišane. Mala iskrica titrajnoga kruga, daje elektronima antene samo poticaj, samo jedan udar, a oni onda dalje izvode titraje duže vremena gotovo neoslabljenih amplituda i prenose ih u prostor kao gotovo neutišane valove samo jedne periode, a njima se može izvesti oštra rezonancija na postaji primanja.

Ovaj Wienov sustav malih iskrica (metoda »udarnoga poticaja« (njem.: die Stosserregung) značila je novi odsječak u T. B. Ž. i mnoga društva grade danas postaje šiljačice po njoj (Telefunken u Berlinu!). Malim ovim iskricama dajemo ime »iskre gasilice (die Löschfunken). Još jednu veliku prednost imaju te iskre gasilice. Kako se titrajni krug s iskrištem odmah nakon prvoga titraja smiri, možemo u svakoj sekundi izvoditi velik broj takvih iskara gasilica, njih nekoliko stotina. Svaki će takav titraj antenu potaći na nove titraje. No nekoliko stotina takvih iskrica u sekundi daju jedan muzikalni ton određene visine — iskrice zvuče! Ovaj sustav dobio je ime »sustav zvučnih iskara (njem.: das System der tönenden Funken). Od antene šiljačice izlazi u prostor u svakoj sekundi jednak niz električnih valova jedan za drugim i udare o antenu na postaji primalici nekoliko stotina puta u sekundi. Tamo ih primi zgodan otkrivač (detektor), pa ako ih prenese na uklopljen telefon, čuju se dani znakovi zaista u istoj

visini tona, kako ga imaju iskrice gasilice. Znaci, kraći i duži, davani na postaji odašiljanja, čuju se u telefonu odjelito kao muzikalni ton određene visine, koji traje kraće ili duže vrijeme. Taj ton ima i veliku praktičnu vrijednost na postaji primanja. Na antenu primalicu djeluju naime i električni pojavi u atmosferi i drugdje, koji često izvode znatno smetanje kod primanja Morseovih

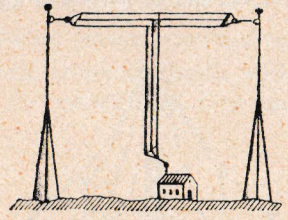


Sl. 31. Izgrađena postaja šiljačica po C. Lorentzu.

znakova telefonom. No ako su ti znaci u istom određenom muzikalnom tonu, lako ih lučimo od nepoželjnih drugih znakova, koji su nepravilni praskovi, šumovi i šuštanja.

Što je *W. Wien* postigao iskrama gasilicama, to Marconi i Fessenden postizavaju kod svojih postaja šiljačica »optica jnim iskrištem (njem.: die umlaufende Funkenstrecke), gdje iskra preskače između stalne elektrode i žbica kolesa, koje se brzo vrti. Postaja za odašiljanje udešena je redovito tako, da titrač (oscilator) njezin može izvoditi električne titraje dvaju ili triju različnih trajanja, dakle može da prema tomu u prostor šalje i električne valove dviju ili triju različnih, ali točno određenih dužina, a ne samo jedne dužine. To se može postići uklapanjem u zatvoreni krug titrača jedne stalne kapacitete (stalnoga kondenzatora) i nekoliko promjenljivih vlastitih indukcija (variometara).

Bilješka. — Tehničko uređenje njihovo i nove preinake, koje sada niču ne idu u ovu kratku crticu, to manje, što se one brzo mijenjaju i sve više usavršavaju.

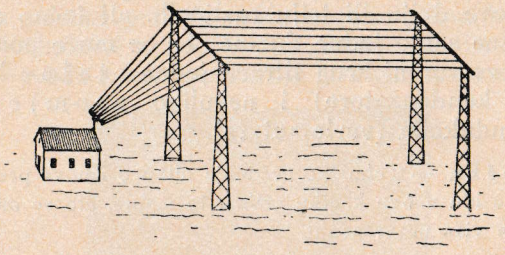


Sl. 32. T-antena.

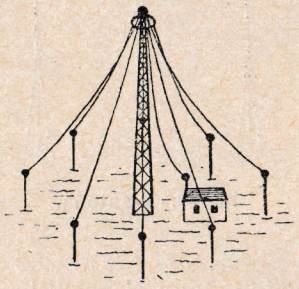
Danas postoji nastojanje sve nužne sprave jedne potpune postaje šiljačice tako izgraditi, da se ona lako prenosi. Za prijenose znakova na 200—500 kilometara s potroškom od 0.2, 0.5 i 1.5 kilowata pokazuje takvu postaju sl. 31.). Šalje valove dužinâ 300, 450 i 600 m, a valovi sežu do daljine od 200 do 500 kilometara u okrug.

5. Antene. — Upravna se duga žica danas za antenu uzima samo kod malih, prenosljivih postaja šiljačica i kod uzdušnih balona i aeroplana. Kod stalno namještenih postaja dobiva oblike sa što većom kapacitetom, ali ipak tako, da se ne umanji snaga za izbijanje valova. To su: 1) T-antene (sl. 32.). Najveća je u Nauenu (kod Berlina), kod koje su žice, koje teku preko 2 jarbola visoka 260 m i nekoliko manjih, dugačke 1.2 kilometra. 2) Marco-

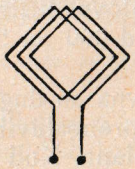
nijeve velike postaje šiljačice imaju (mnoge) L-antenu (sl. 23.); 3) štilolika antena (sl. 34.); 4) u novije doba uvedena je o k v i r n a a n t e n a, koja za razliku od svih drugih



Sl. 33. L-antena ili slomljena antena



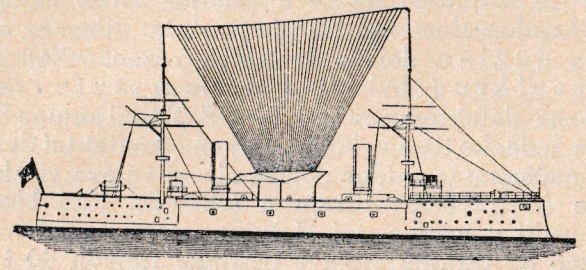
Sl. 34. Štitolika antena: žice idu s jednoga jarbola.



Sl. 35. Okvirna antena.

nije otvoreni, nego z a t v o r e n i titrajni grug, pa se može samo kod postaja za primanje upotrijebiti (sl. 35). Tu se pokazala vanredno zgodnom, ako se namjesti, da se može

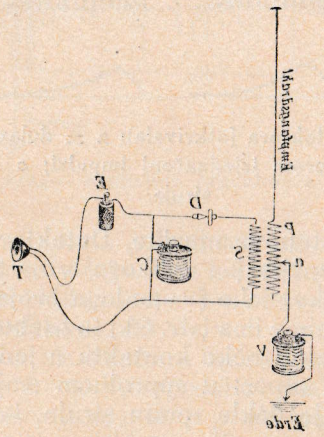
vrtiti. Glasovi su najjači, kada okvir stoji vertikalno u smjeru k postaji šiljačici. 5) antene-lepeze ili antene-harfe upotrebljavaju se na brodovima (sl. 36.).



Sl. 36. Lepezasta antena na brodovima.

6. Dalji razvitak postaje-primalice.

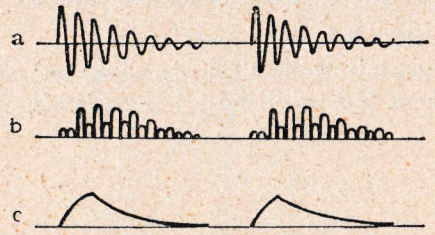
Na ovoj postaji treba da bude »otkrivač ili »detektor« dolazećih valova što osjetljiviji i pouzdaniji. Nakon dosta



Sl. 37. Postaja primalica s detektorom *D* i uklopljenim elementom *E*.

hirovitoga »koherera« dođoše na red ponovno spomenuti »t o p l i n s k i d e t e k t o r i«; zovu ih također »k o n t a k t n i d e t e k t o r i« ili »k r i s t a l n i d e t e k t o r i« električnih valova (sl. 27.).

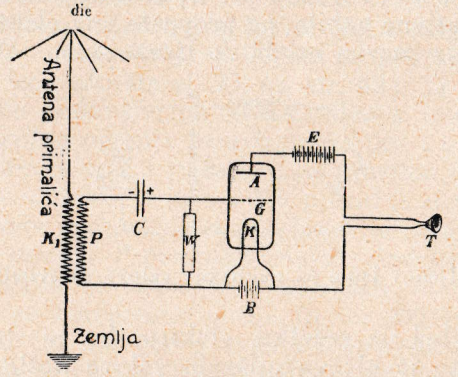
Kako se takav detektor vezuje s antenom primalicom induktivno, pokazuje sl. 37. Antena-primalica dobiva svitak s pomičnim kontaktom kod *a*, koji se nastavlja preko promjenljivoga kondenzatera *V* u zemlju. Svrha uklopljena svitka i kondenzatora već nam je poznata: njima se antena ugodi na d u ž i n u dolazećih valova (rezonancija). Taj se »o t v o r e n i k r u g« induktivno vezuje sa »z a t v o r e n i m k r u g o m« detektora preko svitka *S*. Titraji antene bude u *S*. posve jednake titraje, koji djeluju na kontaktni detektor *D* ovim načinom: Iz daljine dolaze nizovi valova visoke frekvencije ($n = 100.000$ titraja u sekundi). Kad bismo ih ravno pustili u telefon, taj bi šutio, jer on se odziva glasom samo na titrajne brojeve otprilike između 40 i 4000,



Sl. 38. Djelovanje detektora (otkrivala): a = dolazeći nizovi utišanih valova; b = detektorom izjednačeni impulzi; c = udarci jednake struje.

glasove govora i tonove muzike. Detektor *D* dolazeće titraje visoke frekvencije (= velikoga broja titraja) pretvara u titraje niske frekvencije (= maloga broja titraja, — n = 500—2000). On naime ima (str. 64.) to osebujno svojstvo, da struji, ako ide preko točke kontakta u jednom smjeru zadaje veoma velik otpor; u suprotnom smjeru pak veoma m a l e n, on djeluje dakle spram struja, koje u nj dolaze, kao ventil: jedne propusti, suprotne ne; od titraja visoke frekvencije jedna strana prođe, druga se zaustavlja. Iz njega izlaze dakle samo električni udarci j e d n a k o g a s m j e r a umjesto izmjeničnih struja, a ti se zbroje u j e d a n cjelokupni iznos. Na pr. kod iskara-gasilica (str. 69.) preskače u postaji šiljalici u svakoj sekundi 1000 iskrica.

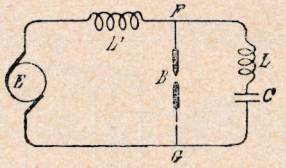
Toliko nizova odjelitih valova ide u sekundi (sl. 38.) kroz prostor (a). Detektor u postaji primalici ih pretvori u impulze jednake struje (b), a ti se zbroje u j e d a n impulz, u jedan električni udarac *(c)*. Kadgod takav udarac dođe u telefon, njegovu pločicu magnet privuče. 1000 takvih udaraca u sekundi daje 1000 titraja pločice telefona u svakoj sekundi t. j. pločica telefona titra istim taktom, u kojem iskrice na postaji I. prelaze, i mi čujemo u telefonu ton visine c_2. Ako bi broj iskrica bio 500, ton bi telefona bio niža oktava. Po visini tona možemo prepoznati postaju-šiljačicu!



Sl. 39. Sklapanje postaje primalice s audionom.

No od svih do sada izumljenih otkrivača (detektora) najpouzdaniji je »e l e k t r o n s k a c i j e v« (str. 47.) koja se u ovoj uporabi obično zove »a u d i o n«, te sve druge detektore danas potiskava, ako se radi o primanju valova od veoma dalekih postaja šiljačica. On je današnji pravi »otkrivač« prispjelih valova. Tu uporabu »audiona« razjašnjuje sl. 39). Antena primalica, u koju je uklopljen svitak vlastite indukcije K_1, hvata prispjele valove; to je o t v o r e n i titrajni krug (lijevo). S njim je induktivno vezivan preko svitka P zatvoreni titrajni krug audiona, na koji se indukcijom prenose titraji antene. Preko kondenzatora *C* i paralelno uklopljenoga otpora *W* ti titraji nabijaju rešetku audiona *G* naizmjence pozi-

tivno i negativno, a da taj naboj ne pređe brzo katodi, upleten je veliki otpor *W* (od silita, nekoliko milijuna ohma). Treći je »krug anodne struje«. Pozitivni pol (+) jake baterije *E* spojen je preko upletenoga telefona *T* s anodnom pločicom A audiona, dok negativni pol te baterije vodi ka katodi, koja se s pomoću male baterije grijalice *B* drži usjana. Djelovanje audiona kao otkrivača valova (delektora) je ovo: antenom uhvaćeni titraji prenose se indukcijom na rešetku audiona i nabijaju je naizmjence pozitivno i negativno. Od usjane katode teče k anodi jednaka »elektronska struja« kroz rešetku. Kada je rešetka negativno nabita, ne propušta ona elektronâ: elektronska struja sasvim oslabi do iščezavanja. Dođe li opet



Sl. 40. Poulsenov izum za neutišane valove sa svijetlim lûkom.

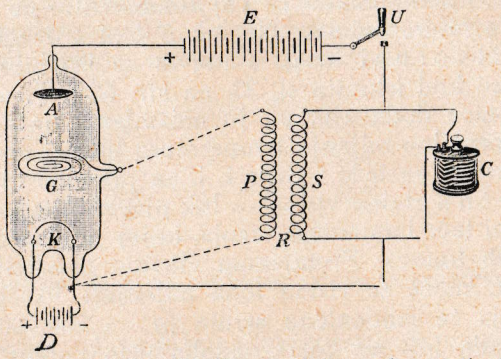
pozitivni naboj na rešetku, elektronska se struja znatno ojača. Koliko je nizova utišanih valova došlo u sekundi, toliko pojačanih impulza elektronske struje prođe kroz telefon T, i on daje svoj muzikalni ton stalne visine kao i prije kod kontaktnoga detektora. Prednost je audiona kao detektora gotovo dvostruka jakost tona, a omaška, što treba dvije posebne baterije (za grijanje katode i za anodnu struju).

Kada dolaze utišani valovi iz daleka, isprekidani se nizovi takvih valova lijepo mogu čuti kao muzikalni ton u telefonu. No utišani valovi imaju i svoje zle strane (str. 68.). S toga bijaše ideal nastojanja izumiti način, da iz antene-šiljalice idu neutišani valovi t. j. svi jednake amplitude i jednake dužine (sl. 4.). Prednosti telegrafa bez žica s takvim valovima očiti su. Danskomu je fiziku *Poulsenu* uspjelo nad svako očekivanje lijepu metodu naći za dobivanje neutišanih titraja u postaji-

šiljačici, koji takovi prelaze i na eter i dolaze k postajama-primalicama. Najnovija je i najsavršenija — do sada — faza našega izuma: telegraf bez žica — ali s neutišanim titrajima i valovima, koji treba da sada čitaocu razjasnimo.

7. Postaja-šiljačica neutišanih valova. Poulsenov se izum nadovezuje na »pjevajući plamen« otkrit g. 1900. od Duddella (sl. 40.). Iz izvora jednake struje *E* (dinama) vode žice preko svitka *L* k električnoj lučnici *FBG* koja gori. Njezin je svijetli luk kod *B* između šiljaka ugljena. Uporedo s tim krugom jednake struje *(EL'FBGE)* uklopljen je drugi krug struje *FLCG*, u kojem je svitak *L* i kondenzator *C*. Taj kondenzator ne da struji iz *E*, da teče mimo lučnice. No luk *B* čini s drugim krugom jedan zatvoreni krug, u kojem se javljaju električni titraji (kao kod iskrišta sl. 23. na str. 62.). Ti se jednakoj struji lučnice dodavaju, pa ju naizmjence jačaju i slabe, a tim se pravilno mijenja temperatura lûka, i uzduh se oko njega pravilno rasteže i steže t. j. on pravilno titra i lučnica daje ton stalne visine — lûk pjeva! A u tom paralelnom krugu teče izmjenična struja, kojoj je perioda jednaka periodi tih tonova. Promjenom vlastite indukcije *L* i kapacitete *C* može se visina tona mijenjati. Mnogo veća se frekvencija te izmjenične struje (n = 200.000—300.000) dobije, kada luk ne gori u uzduhu nego u plinu, u kojem je vodika i kada je u magnetskom polju — i to je bilo odlučno otkriće Poulsena. Ovakvi brzi električni titraji daju valove dužina od 1000—1600 metara, ali ti su valovi potpuno neutišani, jer se u svakom času jedan dio energije jednake struje iz *E* pretvara u izmjeničnu struju visoke frekvencije i time se naknađuju u ovoj gubici otporom i ugrijavanjem žica. Dalja je uredba ovakve postaje šiljačice posve jednaka pređašnoj: tek u zatvorenu krugu na mjesto iskrišta (sl. 25.) *F*. dolazi Poulsenov »lučni titrač«. Taj se vezuje s otvorenim krugom antene šiljačice ili induktivno ili direktno, usko ili široko i prenosi na nj neutišane titraje, koji se prenose u eter i njim lete brzinom svjetlosti valovi točno jednake amplitude i jednake dužine. — Morseovo tipkalo, koje ima da prekida te titraje dolazi ovdje u otvoreni krug antene.

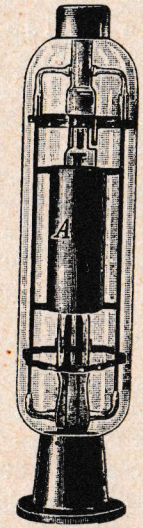
Postaja-primalica neutišanih valova. — Tu se javlja mala neprilika. Sada ne dolaze više odjeliti nizovi valova, njih nekoliko stotina u sekundi, koje detektor pretvara u ton telefona. Sada dolazi neprekinuti niz posve jednakih valova. Tih detektor ne može da pretvori u tonove, jer u telefon sada ne ulaze odjeliti udarci električki, a titrajni su brojevi daleko preveliki, da bi ih telefon mogao pretvoriti u tonove. Poulsen ih je s pomoću Neefova batića — on ga zove »ticker« — umjetno rasjekao u prekinuti niz valova, koje je prenosio na telefon, ali ni ta metoda ne bijaše savršena.



Sl. 41. Sklapanje postaje šiljačice s elektronskom cijevi kao pošiljačem neutišanih valova.

Elektronska cijev kao titrač na postaji šiljačici. — Za vrijeme velikoga rata otkrivena je još bolja metoda za izvođenje neutišanih valova, tako savršena, da se je mnogo raspravljeno pitanje, jesu li za telegraf bez žica bolji utišani ili neutišani titraji konačno riješilo na stranu neutišanih. Opet je elektronska cijev, nama jur poznata kao izvrstan otkrivač (detektor) u postaji-primalici (»audion«) onaj aparat, koji se pokazao i kao vanredan titrač za neutišane titraje i valove u postaji šiljačici, ako se zgodnim načinom uklopi u krugove te postaje. To uklapanje pokazuje sl. 41., kako ga je izumio A. Meissner (Telefunken) g. 1912.

Elektronska cijev ima kod *A* anodu (+ pol); rešetka *G* ima svoju elektrodu sastavljenu sa svitkom P, kojemu drugi kraj vodi katodi K elektronske cijevi (»rešetkin krug«). Velika anodska baterija *E* spojena je s pozitivnim svojim polom s anodom, a od negativnoga pola vodi žica preko prekidača struje *U* k drugom (zatvorenom) »titrajnom krugu« *SC*, u kojem je uklopljena i vlastita indukcija *S* i kapaciteta (kondenzator) *C*. Svitak *S* inducira u svitku *P* struje: oba su kruga induktivno



Sl. 42. Moderna elektronska cijev šiljačica (Telefunken).

vezivana. Ovomu načinu vezivanja rešetkina kruga sa anodnim krugom dajemo ime »unatražno vezivanje« (njem.: die Rückkoppelung), a cijelomu rasporedu ime »cijevni pošiljač« (njem.: der Röhrensender). Posebna baterija *D* loži katodu *K*, da bude stalno usjana. Nastaje sada pitanje: kako to, da ova elektronska cijev izvodi neutišane titraje? Vrijedno je, da taj lijepi izum osvijetlimo. Kada se anodna struja preko prekidača *U* zatvori, u krugu *SC* nastaje električno titranje (izmje-

nične struje visoke frekvencije). To su slabi utišani titraji; ti se prenose indukcijom na rešetkin krug P i na rešetku *G*. Promjene u napetosti izvode pojačane promjene u jakosti elektronske struje *KAEUSK* t. j. pojačavaju već postojeće titraje u anodnom krugu *SC*; ovi pak se prenose na rešetkin krug *PGK* i pojačavaju titraje toga kruga itd., pa se tako izvodi automatski uzajmično pojačavanje titranja u oba kruga do neke najviše granice. Uspjeh je, da u krugu *SC* nastaju veoma jaki električni titraji, koji su povrh toga i potpuno neutišani, jer gubitke uslijed otpora i t. d. u krugu *SC* smjesta naknađuje anodna baterija E. Uporabom vlastite indukcije S i promjenljive kapacitete mogu se dobiti veoma krepki i neutišani titraji takovih trajanja, da u eteru daju neutišane valove dužine od nekoliko stotina do mnogo tisuća metara. Ti se titraji poznatim načinom prenose na otvoreni krug antene-šiljačice, koja ih šalje kao neutišane valove u eter svemirski. Imamo dakle ovdje vanredno zanimljiv pojav međusobnoga pojačavanja struja sličan poznatomu pojačavanju kod »dinama«.

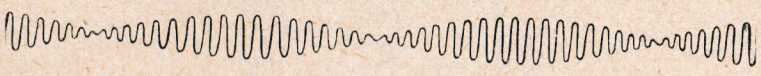
Bilješka. — Ovaj najnoviji »titrač« ili šiljalac valova ima veoma velike prednosti ispred svih predašnjih, jer se može udesiti na valove dugačke nekoliko metara pa sve **do 3 kilometra,** jer se s njim mnogo zgodnije radi, nego kod titrača s iskrama, jer se rezonancija može na $^1/_{100}$% postići, a navlastito jer daje neutišane valove posve stalne amplitude, pa treba manje energije.

U kratko je vrijeme postao velik broj postaja-šiljačica s ovim »cijevnim šiljačem« osobito malih i srednjih (energija antena 0.5—10 kilovata). U Njemačkoj ih danas ima oko 20 sa 1 kilovatom energije, a u Königswusternhausenu je postaja-šiljačica sa 10 kilowata. Napetost anodnih baterija kod manjih je 400—800 volta, kod većih 3000—5000 volta. Slika 42. pokazuje moderan oblik elektronske cijevi kao titrača (Telefunken u Berlinu). Za ocjenu postignutoga napretka spominjemo, da namještaj

s ovom cijevi, koji troši 500 vata, radi isto tako, kao namještaj s iskrom potroška od 1.5 kilovata!

8. Postaja primalica za neutišane valove cijevnih šiljača.

Neutišani se titraji, kako vidjesmo (str. 78.), ne dadu na postaji primalici s pomoću detektora (otkrivača) prenijeti na telefon, pa je opet bio problem, kako od toga neprekidnoga niza valova načiniti isprekidane udarce zgodne za primanje telefonom. Amerikanac *Fessenden* ga je idealno riješio i za čudo opet primjenom iste ove elektronske cijevi. Treba da ga upoznamo! Iz akustike je poznato: ako 2 akustične vilice točno istoga tona zajedno zvuče, daju ton dvostruke i sveudilj jednake jakosti. Razgodimo li jednu vilicu samo neznatno, da na pr. u



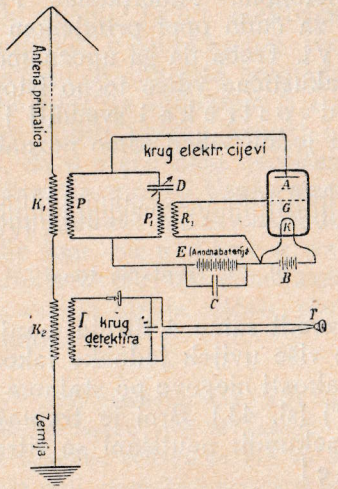
Sl. 43. Treptanje tona.

jednoj sekundi izvodi samo 4 titraja manje od druge, zajednički ton nije više uvijek jednake jakosti: pokazuje se pojav opadanja jakosti njegove po stalnom ritmu — treptanje tona«[10]) (sl. 43.). Broj je treptaja u našem primjeru njih 4 u sekundi: neutišani se titraji pretvoriše u odjelite utišane!

Fessenden je to prenio na električne titraje. Kada dođu neutišani titraji na antenu-primalicu, doda im se ovdje još jedan električni titraj nešto različnoga trajanja. Oba zajedno izvode stalno treptanje titraja t. j. razdijele dolazeće valove u niz odjelitih valova, koji se preko otkrivača (detektora) u telefonu razbiru kao ton stalne visine Taj drugi električni titraj daje anteni-primalici pomoćni krug s elektronskom cijevi«, kako to pokazuje sl. 44., koja gotovo ne treba razjašnjenja. Uklopljeni krug elektronske cijevi izvodi svoje stalne titraje, koji se indukcijom od svitka *P* prenose na antenu i dodavaju njezinu

[10]) Isporedi: O. Kučera, Valovi i zrake. Str. 142—146.

titranju i tako postaju treptanja električnih titraja. Broj se treptaja može brzo i po volji mijenjati s pomoću vrtežnoga kondenzatora *D*. Krug d e t e k t o r a prima indukcijom od svitka K_2 te isprekidane nizove valova i prenosi ih poznatim načinom na telefon *T*. Kao detektor se najbolje upotrijebi opet druga elektronska cijev audion. Umjesto dvije elektronske cijevi, može se zgodnim uklapanjem ista cijev upotrijebiti i kao otkrivač i kao dodavač titraja, pa



Sl. 44. Sklapanje postaje primalice neutišanih valova s pomoću treptanja

se u svojoj dvostrukoj službi zove često »u l t r a a u d i o n«. Ovaj je ultraaudion vanredne osjetljivosti kod dolaženja neutišanih valova.

I tako nam se evo razmjerno neznatna sprava »elektronska cijev« ispoljila kao čudotvorni gotovo instrumenat u telegrafiji bez žica, koji istiskuje sve druge. On vrši prema potrebi ove službe: 1) u postaji-šiljačici služi kao t i t r a č i izvrstan šiljalac posvema neutišanih valova; 2) na postaji primalici može da služi i kao p o j a č a l a c tonova i kao d e t e k t o r (otkrivač) i kao d o d a v a č titraja

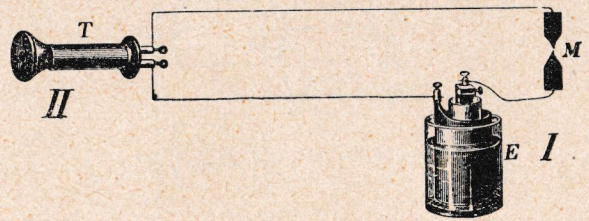
anteni-primalici. Sastat ćemo se s njom još i kod telefona bez žica!

Na koncu treba još ovo spomenuti. Slaba je strana svih ovdje opisanih sustava za primanje Morseovih znakova, što se oni primaju s l u h o m. Verba volant — scripta manent. Pojačavanje dolazećih valova s pomoću elektronskih cijevi po volji dopušta i upotrebu Morseova pisara, dakle primanje p i s m o m, a ne sluhom. Ima već velikih postaja koje tako rade! S istoga razloga raste i uporaba okvirnih antena na postajama-primalicama.

DIO TREĆI.

TELEFON BEZ ŽICA.

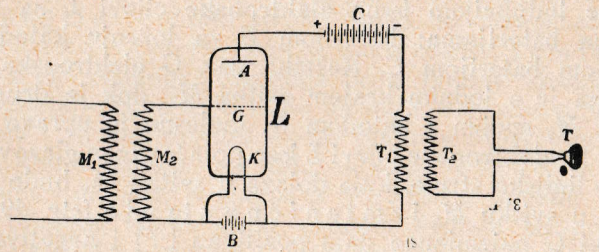
1. Princip telefona sa žicama. — Govor i tonovi se običnim telefonom sa žicama prenose s mjesta I (Sl. 45.)



Sl. 45. Raspored mikrofonsko-telefonske postaje s 1 elementom.

na udaljeno mjesto II tim načinom, da se u I namjesti 1) mikrofon *M*, kroz koji trajno teče iz baterije *E* jednaka struja, pa žicom ide u mjesto II, gdje prolazi kroz telefon *T* (slušalicu) pa se žicom (ili zemljom) natrag vraća u I k drugomu polu baterije *E*. Jakost je te struje jednaka, dok se u mikrofon ne govori. No taj mikrofon složen je od dvije ugljenove pločice i među njima zrna ugljena. Dok mikrofon miruje, jednaka struja u njem nailazi na stalan otpor i poradi toga je i njezina jakost stalna. No čim se u mikrofon govori, nastaje u uzduhu titranje, a u mikrofonu se prema tomu periodički mijenja otpor struji baterije *E*. Tim se pako jednaka struja, što teče žicom provodnicom između postaja I i II čas pojačava, čas slabi. Ta promjenljiva struja u mjestu II po-

jačava i slabi magnetizam magneta, namještenog u tamošnjem telefonu i pločica (membrana) njegova izvodi titraje posvema točno prema kolebanju struje. Ti se titraji prenose na uzduh pred pločicom i prislonjeno uho čuje vjerno prenesene glasove predane mikrofonu postaje I. — Postaja-šiljačica I ima dakle 1) mikrofon i 2) bateriju jednake struje (linijsku bateriju), a postaja-primalica samo telefon i uza nj uho. Tu dakle tonovi t. j. jedno mehaničko periodično gibanje izvodi promjene u jakosti jednake struje, koje se promjene prenose žicom na postaju-primalicu i tu one opet izvode tonove t. j.



Sl. 46. Mikrofonsko telefonska postaja s uklopljenim pojačaocem od jedne elektronske cijevi.

električna se energija opet preobrazuje u mehaničnu energiju, specijalno u energiju gibanja. Ako je linija od postaje I do postaje II veoma dugačka, struja dolazi u postaju II tako oslabljena, da pločicu telefona ne pokreće na titranje: govor se ne čuje. To se isto javljalo i kod Morseova telegrafa. Slabašna struja iz linije nije mogla da krene tešku polugu pisara na postaji primalici[1]), pa pisar nije utiskivao točke i pravce u odmatanu vrpcu papira. Svi znamo, kako se ondje tomu nedostatku pomoglo. Linijska slabašna struja ne ulazi u masivni pisar, nego u vanredno osjetljivi »relais« (= prenosilac), gdje i najslabija linijska struja pokreće lahku kotvicu elektromagneta prema poslanim znakovima Morseova alfabeta. Tim se uklapa u pisar istim ritmom jaka struja »lokalne baterije«,

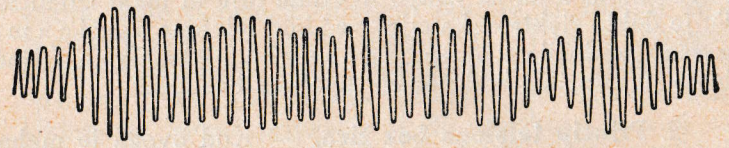
[1]) Isp. Kučera, Crte o magn. i elektr. str. 262—269.

koja sigurno bilježi znakove alfabeta na papiru pisara. Relais dakle u neku ruku pojačava slabašne linijske struje dolazeće s postaje šiljačice. Trebalo je dakle i kod slabašnih struja, koje dolaze k telefonu postaje II izumiti zgodan »telefonski relais« (čitaj: relé). I tu je izvrsno poslužila elektronska cijev, uklopljena pred telefon *T* kao »pojačalac glasova« (njem.: der Lautverstärker). Uklapanje lijepo prikazuje sl. 46, na kojoj se vidi samo postaja primalica za glasove. Iz daleke postaje mikrofonske I dolaze vanredno slabašne linijske struje u svitak M_1 i vraćaju se natrag u postaju šiljačicu. Tomu svitku priključen je indukcijom krug elektronske cijevi *L* sa svojim dvjema baterijama: baterijom *B* za loženje katode *K* i anodnom baterijom *C*. Rešetka pak *G* elektronske cijevi spojena je s jednim krajem svitka M_2, dok je drugi kraj svitka M_2 spojen s katodom *K*. Čudesno je upravo djelovanje te elektronske cijevi *L* kao pojačavaoca glasova! Slabašne linijske struje, koje dolaze u svitak M_1 bude indukcijom u svitku M_2 izmjenične struje (str. 49.), koje rešetki *G* naizmjence daju pozitivan (+) i negativan (—) električni naboj. Struja negativnih elektrona, koji iz usjane katodre *K* kroz rešetku *G* lete k anodi *A*, mijenja svoju brzinu: kada je *G* negativno nabita, brzina se struje umanji; čas kasnije, kada je *G* pozitivno nabita, brzina se struje uveća, jer se istoimene elektricitete odbijaju, a raznoimene privlače. Posljedica je tomu, da se elektronska struja, koja prelazi između katode *K* i anode *A* svoju jakost mijenja a ma posve točno u istom tempu, kao mikrofonske struje, koje iz postaje I dolaze u svitak I. Kako je pak struja elektrona bez ikakve mase, te se promjene njezine jakosti zbivaju momentano. Ove struje promjenljive jakosti ulaze sada u primarni svitak T_1 transformatora struje T_1T_2. U sekundarnom svitku T_2 bude indukcijom izmjenične struje, koje sada znatno ojačane ulaze u telefon *T*. Vidimo, da je uklopljena elektronska cijev izvrstan upravo »telefonski relais«, koji po mjerenjima može uz zgodan raspored pojačati slabašne mikrofonske struje na 33-struko! Kada bismo pak pojačane ovako struje puštali ne odmah telefonu *T*, nego najprije kroz drugi takav telefonski relais,

pa kroz treći i t. d. mogli bismo tim uklapanjem od nekoliko elektronskih cijevi glasove vanredno pojačati. Uspjelo je sa 4 takve elektronske cijevi ili 4 relaisa struje pojačati 20.000 puta, a da se tempo ili ritam nije ni malo izobličio! Tu je dakle elektronska cijev već kod telefona sa žicama izvrsno poslužila kao »pojačavalac glasova«. Naći ćemo ju odmah i kod novoga telefona bez žica!

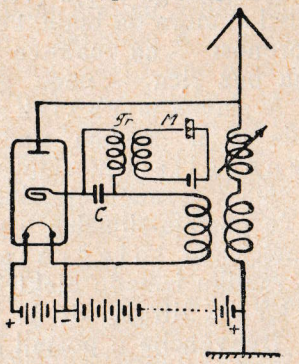
2. **Princip telefona bez žica.** — Kod ovoga je mehanizam pretvaranja u električnu energiju i obrnuto posve sličan predašnjemu. U postaji-šiljačici *A* mora da bude 1) mikrofon, koji glasove prima, i 2) električna energija u obliku struje. Samo ta struja ovdje nije jednaka struja, nego je, kako znamo, izmjenična struja velikoga titrajnoga broja (velike »frekvencije«). Na postaji-primalici B mora da bude telefon, koji sada prima i na uho prenosi — ne znakove Morseova alfabeta kao kod telegrafa bez žica — nego glasove govora, pjesme i muzike. A glavna je razlika između oba izuma telefona ta, da se u drugom slučaju to prenošenje mehanične energije i njezino pretvaranje u električnu zbiva bez žica s pomoću eterskih valova. Iz toga s mjesta izlazi, da će postaja-šiljačica u glavnom biti posve slična postaji-šiljačici kod telegrafa bez žica, tek treba uzeti u račun razliku između električnih titraja, što ih izvodi na pr. iskra i titraja, što ih izvode glasovi. Titraji visoke frekvencije u postaji šiljačici, kao jedan oblik izmjenične struje, najveća bijahu zapreka prenošenju glasova. Kako znamo postaju tamo utišani i neutišani titraji (str. 68.). Prvi se za telefon bez žica ne pokazaše zgodnima, jer se oni na mahove sasvim prekinu. Tek otkada naučismo izvoditi u postaji-šiljačici neutišane električne titraje (Poulsenov sustav i sustav elektronske cijevi (str. 77.) osvanulo je vrijeme telefonu bez žica. Kada mikrofon miruje, iz antene-šiljačice treba da trajno izbijaju u svemirski eter neutišani valovi. Ti odgovaraju jednakoj struji baterije kod telefona sa žicom. Govorom u mikrofon mijenja se otpor antene periodično, a tim i jakost valova izlazećih iz

nje: iz antene ne izlaze više valovi potpuno neutišani, nego s amplitudama preinačenima prema valovima glasova (sl. 47.). Amplitude valova nisu više posve jednake.



Sl. 47. Niz neutišanih valova izobličen valovima kod izgovaranja riječi »Boot«.

Kako međutim za amateure nema toliko interesa znati podrobno uređaj postaje-šiljačice i razvitak njezin od g. 1906. amo, ovdje ćemo tu postaju posve ukratko opisati.



Sl. 48. Raspored (sklapanje) postaje šiljačice s 1 elektronskom cijevi koja je titrač.

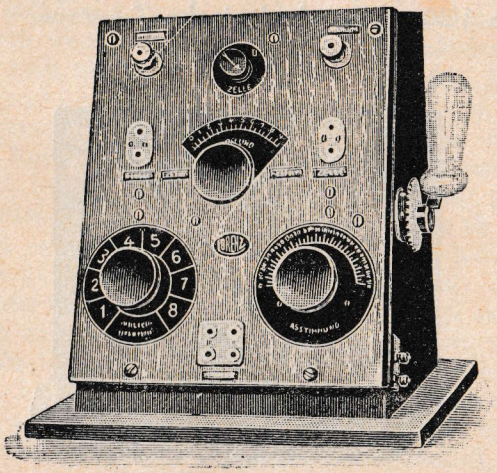
3. Shema moderne postaje-šiljačice telefona bez žica. (sl. 48.). Kao titrač se upotrebljava »elektronska cijev« (sl. 42.). Ona i uz male i uz velike energije daje savršeno neutišane titraje jednakih amplituda i jednakoga titrajnoga broja (jednake frekvencije). — Mikrofon, zgodno uklopljen, izvodi promjene u jakosti (amplitudi) tih titraja prema glasovima, koji u mikrofon ulaze. To zgodno uklapanje pokazuje slika 48. Mikrofon *M* sa svojom strujom i svojim svitkom čine prvi

krug struje. Govorenjem u mikrofon ta struja u svojoj jakosti koleba i inducira u drugom krugu u krugu rešetke *Tr* s uklopljenim kondenzatorom C i svitkom jednako kolebanje, koje se prenosi na rešetku elektronske cijevi. No tim se u trećem krugu, u krugu anodne struje, koja ide kroz antenu, izvodi u istom ritmu znatno pojačanje kolebanja strujine jakosti. Time što je mikrofon induktivno vezivan s rešetkom elektronske cijevi, dobivaju se od slabašne energije mikrofona veoma jake promjene u anteni-šiljačici. — Često se titrač male energije vezuje sa više »cijevi-jačalicâ« (njem.: die Verstärkerröhren), pa se na taj način energija maloga titrača znade 10—100 puta pojačana prenositi na antenu-šiljačicu. — Ako postaja-šiljačica služi za male daljine u okrug, upotrebljavaju se elektronske cijevi od 10—200 vata. Za veće se energije uklapa po više elektronskih cijevi paralelno spojenih do 5 kilovata. Kod pokusâ za telefoniranje preko atlantskoga oceana uklopilo se do 300 paralelno spojenih cijevi i nekoliko mikrofona. — Mnogo spominjana postaja šiljačica u Königswusterhausenu građena je na ovoj osnovi sa cijevi od 10 kilovata efekta. Uz dužinu vala od 2500 metara ona seže do 1450 kilometara uokrug, ako se prima audionom bez jačaoca. Sa dvije cijevi jačalice niske frekvencije seže do 3000 kilometara, a sa 4 cijevi jačalice čak do 4000 kilometara. U najnovije doba sagradiše već eletkronske cijevi šiljačice sa 100 kilovata efekta, a snuju ih i za 1000 kilovata!

4. Moderna postaja za primanje glasova. S postaje šiljačice dolazi neprekinuti niz električnih valova, preinačenih govorom na toj postaji. Postaja-primalica ima opet posve sličnu uredbu kao i kod telegrafa bez žica (isp. sl. 39.). Tu je: 1) antena-primalica; 2) s njom je vezivan otkrivač i primalac (detektor) prispjelih električnih valova. Taj treba da bude ovdje udešen za primanje utišanih valova i da bude trajno veoma osjetljiv. Pored »kontaktnoga detektora« (str. 63.; sl. 27.) tomu zahtjevu nada sve dobro odgovara »elektronska cijev« kao detektor (audion; str. 75.), koja se danas već

gotovo jedina upotrebljava; 3) telefon za slušanje govora zgodno vezivan s detektorom. K tomu dolaze pomoćni aparati, koji služe postignuću potpune rezonancije, a to su 4) vlastite indukcije (svitci žica) i 5) kapacitete (stalni i vrtežni kondenzatori). Ako treba, uklope se još i 6) elektronske cijevi-jačalice. — Ovako uređene postaje služe međutim samo za primanje onih glasova, koji se šalju iz stalne postaje šiljačice. Glavnu prednost telefona sa žicama, da dvije udaljene osobe mogu upriličiti međusobne razgovore, današnji telefon bez žica još nema, pa se poradi toga on ne može smatrati naknadom telefona sa žicama, niti mu može biti konkurencija. To će on možda postati u budućnosti, kada bude moguće stvar tako udesiti, da se s istoga mjesta i po istoj anteni mogu razgovori ne samo primati, nego s mjesta i odgovori slati i opet protuodgovori s mjesta primati. Za sada stvar stoji tako, da se u čitavoj jednoj državi izgradi određen broj ovećih postaja-šiljačica sa dosta velikim dosegom (nekoliko stotina kilometara). Na njima se preko mikrofona primaju muzikalne stvari, pjevanje, opere, plesna muzika, pa predavanja i politički govori za odrasle, priče za djecu i slično; antena ih šiljačica šalje u obliku električnih valova na sve strane do dosega postaje. Nebrojeni posjednici, koji imaju zgodne postaje-primalice, koje se mogu ugoditi na valove te postaje-šiljačice, mogu bez ičijega daljega posredovanja te sve priredbe slušati u svojim sobama. I u najzabitnijem selu može posjednik jedne postaje-primalice sve te priredbe slušati. Ovaj način telefonskoga saobraćaja, koji se najprije u Americi, onda po Engleskoj u najkraće vrijeme silno raširio, zove se »**broadcasting**« (engl.: broad-casting = daleko bacanje; izgovori: bródkastin). U posljednje se 3 godine izgradio velik broj malih i srednjih postaja-šiljačica u tim zemljama i više nego 3 milijuna postaja-primalicâ. Broadcasting se i danas još vanredno širi i uređuje u svim kulturnim državama. Naša država dobila je pod konac g. 1923. prvu takvu postaju-šiljačicu u Beogradu, a g. 1925. izdana je od državne vlasti dozvola, da se u Zagrebu smije sagraditi postaja šiljačica za broadcasting, koja se sada baš izvodi s 0.5 kilovata energije.

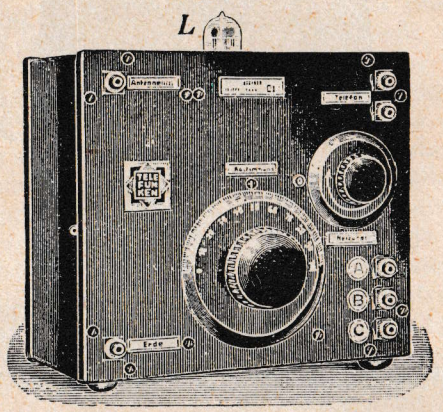
Za postajama-primalicama velika je danas jagma, osobito u mlađem naraštaju. Prema njihovu dosegu mogu se izvoditi od najjednostavnijih svojih oblika, koje si prijatelj toga športa može gotovo sâm izgraditi, do najistančanijih za daleke dosege. Ima po cijelom svijetu sva sila tvornica, koje se bave fabrikacijom takvih postaja primalica, a sve nastoje, da im dadu što zgodnije i što kompendioznije oblike u najrazličnijim cijenama. Najjeftinije su one s kristalnim ili kontaktnim



Sl. 49. Izgrađena postaja primalica od C. Lorenza. (Pristaje postaji šiljačici sl. 31.)

detektorom (str. 63.), jer ne trebaju nikakvih baterija. Imaju samo: 1) detektor, 2) vrtežni kondenzator, 3) svitak za vezivanje i 4) telefon. — Dostaju posve za postaje šiljačice od 30—80 kilometara daleke, k njima spada visoka antena. Slika 49. pokazuje takvu postaju primalicu od C. Lorenza d. d. u Berlinu. Lijevo gore se priključi antena, desno gore zemlja. Lijevo dolje se vidi uklopnica (njem.: der Schalter) za vlastitu indukciju, koja se u 8 stupanja može uklapati u antenu, a desno dolje je uklopnica za vrtežni kondenzator, s kojim se mogu

uklopiti valovi između onih 8 stupanja. Krug kontaktnoga detektora vezuje se induktivno uz antenu. Uklopnica u sredini može da ga veže uže ili šire prema potrebi (usporedi str. 67.). — Postupak je ovaj: antena se priključi ormariću; variometar vezivanja (str. 66.) ju vezuje uže ili šire s krugom detektora (otkrivača); vrtežni kondenzator izvodi ugađanje na dužinu dolazećih valova (rezonancija). Mjesto T-antene na kući mogu se upotrijebiti i telefonske žice, koje vode u kuću, ali je jakost glasova jedva 1/20 od one kod visoke T-antene.



Sl. 50. Jednostavna postaja primalica Telefunken s 1 elektr. cijevi.

No kud i kamo su snažnije postaje-primalice, ako se elektronske cijevi upotrijebe kao detektori (audion) (str. 75.), a te se cijevi mogu upotrijebiti i kao jačalice glasa. No takva postaja treba pored samih cijevi još dvije baterije: anodnu bateriju i bateriju za grijanje katode (prva 50 volta, druga 4—6 volta napetosti). No zato je ugađanje mnogo oštrije i doseg postaje kud i kamo veći. Sl. 50. pokazuje ovaku primalicu društva Telefunken u Berlinu opet zgodno građenu u malom ormariću s jednim audionom, koji je detektor. Gore se vidi elektronska cijev (audion) ali s unatražnjim vezivanjem (str.

79.). Poradi toga ona dolazeće glasove i pojačava. Ložење se katode može uklopljenim otporom ravnati vrtnjom dugmeta desno gore. Dugme u sredini svojom vrtnjom izvodi što bolju rezonanciju i ujedno ravna unatražno vezivanje. Ako su glasovi, koji se u telefonu čuju, slabi, s tim se ormarom veže drugi ormarić u kojem su elektronske cijevi za pojačavanje niske frekvencije i nužni transformatori zgodno ugrađeni. Ovakve postaje-primalice sežu već 300—500 kilometara daleko. Treba li primati s još većih daljina, uklopit će se pred audion još i elektronske cijevi jačalice visoke frekvencije i u tom se slučaju mogu mjesto visokih antena upotrijebiti i okvirne antene. No pored svih tih usavršenja treba reći, da do sada nije uspjelo postići besprikorno prenošenje govora i tonova. Glavni su uzrok nesavršeni mikrofoni, koji na postaji-šiljačici primaju glasove.

Govore i muziku sluša redovito pojedinac prisloniv̌ši slušalice telefona na oba uha. Hoćemo li da ih čuje više lica, dodaje se konačno postaji-primalici još jedna sprava »razglasnik« (njem.: der Lautsprecher). Za jednu je sobu dosta lijevak od ljepenke ili lima, koji se namjesti na telefonu mjesto njegove školjke; i lijevak gramofona može dobro poslužiti. Za veće prostorije i za produkcije na otvorenu mjestu grade se danas različni razglasnici u najrazličnijim veličinama od 50 cm dužine do 4.75 metara dužine (»Colossus« u Engleskoj), koji najveće dvorane ispunja svojim zvučnim valovima.

* * *

U ovom kratkom nacrtu telefonije bez žica nije mjesta podrobnom opisivanju svih pomoćnih uredaba, kako bi se prenošenje glasova što bolje usavršilo. Tek nekoliko općenih opazaka može da nađe mjesta.

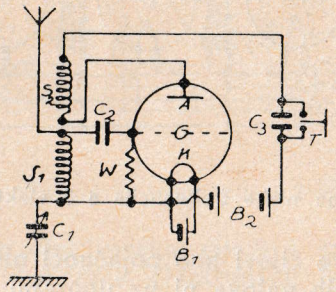
1. **Uredbe za prenošenje glasova u postaji šiljačici.** — Telefonija bez žica danas je namijenjena amaterima toga sporta. Postaje šiljačice radi toga ne smiju biti preskupe. Upotrebljavaju se kao pošiljači samo lučni pošiljač (str. 77.) i cijevni pošiljač (str. 79.). Prvi ima manu, da je teško načiniti ga tako, da daje kratke

valove (ispod 1000 metara dužine) a uz to nužne stalnosti titranja. Drugi ima veliku prednost, da može davati potrebne kratke valove, kako bi se u jednu ruku mogla zgodno preobrazivati energija a u drugu uklanjati smetnja, koja dolazi od pošiljača telegrafa bez žica (znaci Morseova alfabeta). S tim se šiljačem posve lako i kod valova dugih 200—400 metara postizava apsolutno stalan broj titraja (stalna frekvencija) i stalni zamasi (amplitude) titraja. Ovomu području kratkih valova ne smetaju šiljači ni s brodova ni s obala, jer im valovi leže između 500 i 1000 metara. A i smetnje atmosfere manje su osjetljive kod tih kratkih valova, što telefoniji bez žica osobito dobro dolazi. Za svrhe amaterske dolazi dakle u obzir — bar za dogledno vrijeme — samo postaja šiljačica, s elektronskom cijevi kao šiljačem (str. 88.). Birajući veličinu cijevi prema potrebnom dosegu postaje može se lako odrediti energija nužna tomu dosegu takove »broadcasting-postaje«. Neutišane titraje visoke frekvencije (velikoga broja titraja) treba s pomoću mikrofona govorom tako preinačivati, da ih telefon može primati kao glasove. Razmjerno slabe mikrofonske struje najprije se pojačavaju, i onda tek preinačuju struju visoke frekvencije u anteni šiljačici. Različni su načini toga preinačivanja, da dođu do izražaja u anteni u pojačanoj mjeri. Najveća uloga, kako vidjesmo, zapada tu elektronsku cijev.

2. **Uredbe na postaji primalici.** — U bitnosti se kod telefona bez žica kao šiljači upotrebljavaju jednake uredbe, kao kod telegrafa bez žica, ako se radi o neutišanim valovima. I uredbe na postaji primalici bit će dakle u bitnosti jednake. Dolaze do riječi kao otkrivači tih valova ili kristalni detektor (str. 63.) ili audion (str. 75.). Sve ostalo: vezivanje pojedinih krugova struje s antenom primalicom, upotreba pojačavaoca i t. d. posve je jednako kao kod telegrafa, pa ne bi trebalo zapravo ponovnoga opisivanja. No kako će biti među čitaocima ove knjige dosta prijatelja telefona bez žica, koji žele svoju postaju primalicu dublje proučiti, raspored i

vezanje njezinih dijelova u tančine poznati, a možda i sami sarađivati kod izgrađivanja takvih postaja, neka ovdje nađu još mjesta unutrašnji rasporedi nekih tipova postaja primalica.

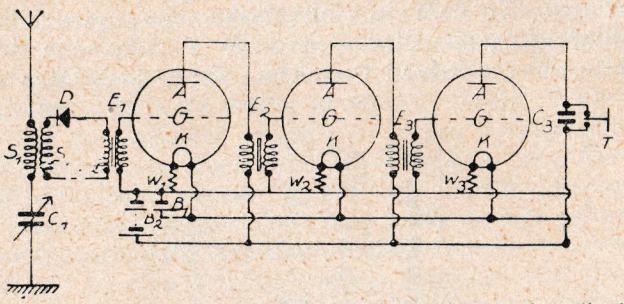
a. Postaja primalica s ultraaudionom. — Kod rasporeda postaje primalice s elektronskom cijevi s pomoću treptaja (sl. 44, str. 82.) morali smo, da treptaje uredimo kako treba, upotrijebiti, pomoćni krug detektora, vezivan s antenom. Tu nam je elektronska cijev poslužila kao izvodilac drugoga titraja, koji je s dolazećim izvodio treptaje. Kao otkrivač (detektor) služio je kontaktni de-



Sl. 51. Sklapanje postaje primalice s jednom elektr. cijevi (ultraaudion).

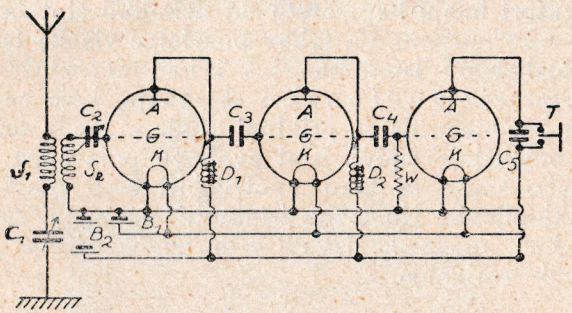
tektor. No mi znamo, da mjesto njega možemo i elektronsku cijev upotrijebiti u tu istu svrhu, pa se gotovo sama nadaje misao, ne bi li se ona ista elektronska cijev dala upotrijebiti i kao detektor. Zgodnim sklapanjem se to doista dalo postići i tako postade »sklapanje ultraaudionsko«, kako ga u Americi rado zovu, a pokazuje ga sl. 51. Elektronska je cijev uklopljena kao u sl. 44., samo vezivanje nije induktivno nego direktno. Svitak S_2, koji je u anodnom krugu cijevi, vezivan je sa svitkom S_1. Treba li primati utišane valove sa postaje šiljačice, unatražno se vezivanje svitka S_2 na S_1 načini tako široko, da cijev ne izvodi nikakvh titraja. Pred nama je poznato nam sklapanje cijevi kao detektora, pri-

kladno za primanje utišanih valova. Treba li pak primati iz postaje šiljačice dolazeće neutišane valove, e onda se unatražno vezivanje svitaka S_2 i S_1 načini tako usko, da cijev sama dođe do titranja s vlastitom frekvencijom antene primalice. Valovi sa postaje primalice nešto različne frekvencije daju s onima prvima treptaje. Mi ovdje vidimo elektronsku cijev u trostrukoj službi: 1. na postaji šiljačici ona radi kao titrač, 2. na postaji primalici ona djeluje kao otkrivač i 3. kao pojačalac.



Sl. 52. Pojačalac niske frekvencije s 3 elektronske cijevi.

b. Elektronske cijevi kao pojačaoci niske frekvencije. Energija dolazećih valova ni uz uporabu osjetljivih kontaktnih detektora ili elektronskih cijevi kod velikih daljina ne dostaje, da pločicu telefona pokrene. U tim prilikama treba stiglu energiju nekako pojačati i tek ovu pojačanu energiju uvesti u telefon. Kako već znamo (str. 89.) i tu službu vrši veoma dobro elektronska cijev. Razlikujemo (str. 93.) pojačaoce niske frekvencije i visoke frekvencije. Svrha je i zadaća prvoga, da pojačava struje, koje su već iz detektora izašle, dok drugi već pojačava energiju visoke frekvencije, koje stižu u postaju prilicu prije ulaza u detektor. Treba istaknuti, da se može svake vrsti pojačalac sam upotrijebiti, ali i oba se mogu zajedno upotrijebiti (kod primanja okvirnom antenom). Sl. 52. prikazuje shemu sklapanja kod pojačaoca niske frekvencije sa 3 elektronske cijevi. Iz antene se titraji visoke frekvencije prenose na krug detektora S_2 i prošavši kroz detektor D primaju jednaki smjer. Ulaze u transformator E_1. Njegov je sekundarni svitak spojen s negativnim polom baterije grijanja B_1 i time rešetka cijevi dobiva napetost od prilike minus 1 volt. Transformatorom E_1 uvedena napetost još se nešto uveća i može da onda direktno utječe na rešetku *G*. Tim se pako u prvoj cijevi izvodi promjena anodne struje. Ova se kolebanja anodne struje prenose drugim transformatorom E_2 na



Sl. 53. Pojačalac visoke frekvencije s 3 elektronske cijevi.

rešetku druge elektronske cijevi i tako ide dalje. U anodni krug posljednje elektronske cijevi uklopljen je paralelno s kondenzatorom C_3 telefon, koji pojačanu energiju prima. Zgodni Nernstovi željezni otpori ispred svake su cijevi (w_1, w_2 i w_3) uklopljeni, da struju grijanja drže stalnom. Jedna cijev daje 10-terostruko pojačanje, tri dakle otprilike 1000 puta; sa 4 cijevi dolazimo na 6000 puta. Dalje se ne ide kod pojačaoca niske frekvencije, jer se i šumovi pojačaju, a i fućkanje nastaje, koje jako smeta. Uzrok su mu unatražna vezivanja, koja tu nastaju.

c. Elektronske cijevi kao pojačaoci visoke frekvencije. — Kod visoke frekvencije imamo posla s periodama od 15.000 do 1 milijuna titraja u sekundi. Osnovnu shemu sklapanja pojačaoca visoke frekvencije pokazuje sl. 53. Rešetkin krug S_2 i C_2 prve cijevi vezivan je s antenom, pa se može ugoditi na dužinu vala antene i na titraj, koji

treba primati. Anoda prve cijevi vezivana je s rešetkom druge preko kondenzatora C_3; anoda druge cijevi s rešetkom treće preko kondenzatora C_4 Ovdje dakle ove kapacitete (kondenzatori) prenose kolebanja napetosti s jedne cijevi na drugu. Kako ne bi titraji visoke frekvencije prelazili od anode koje cijevi preko anodne baterije ka katodi, uklopljeni su visoki Ohmovi otpori D_1 i D_2 (1 milijun ohma) ili svitci sa željeznom jezgrom. Uklopljeni kondenzatori imaju kapacitetu od nekoliko stotina centimetara. Ako hoćemo, da takav pojačalac visoke frekvencije upotrijebimo istodobno još i kao detektor, dobiva posljednja cijev a u d i o n s k o sklapanje, koje se postizava tim načinom, da se priklopi otpor w među rešetku i katodu posljednje cijevi. Kod ovakova pojačaoca visoke frekvencije smije se lako upotrijebiti 4—5 cijevi zasebično uklopljenih. No treba istaknuti, da je taj raspored tvorba, koja može da izvodi vrlo mnogo titraja poradi unatražnih vezivanja.

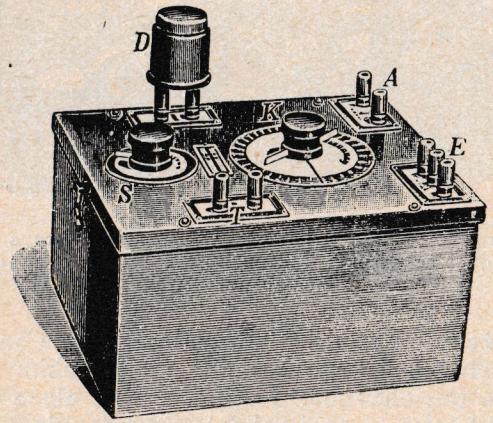
*
* *

Posljednje razložene postaje primalice hvataju doduše valove i s najdaljih postaja šiljačica, ali su u jednu ruku veoma zamršene i skupocjene, a u drugu ruku na smetnje vanredno osjetljive i ištu zamjernu spretnost u baratanju. To sve otpada kod jednostavnih postaja primalica se kristalnim detektorom. Za najveći broj učesnika kojega broadastinga (oko 85%) dolaze u uporabu samo ovakove jednostavne postaje primalice. Tisuće slušača u okrugu do 30—50 km oko postaje šiljačice mogu se koristiti s programom te svoje postaje i za zabavu i za pouku i za posao svoj. Kristalni detektor i primalac tako je jednostavan aparat, da ga gotovo sam možeš graditi i ne treba nikakvih baterija. No i čitava izgrađena postaja primalica s tim detektorom danas se već može dobiti za nekih 100 dinara.

Ako su programi postaje šiljačice za takav broadcasting zgodno i sustavno udešeni, oni su za svoj okrug (do

50 km) prava blagodat i tisuće slušača u svojim najzabitnijim izbama imaju stalnu zabavu i pouku.

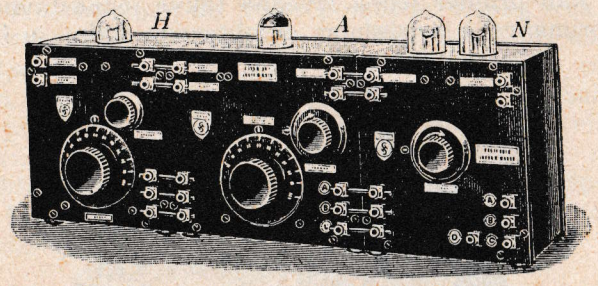
Kad ovi retci dođu do ruku čitateljica i čitatelja, stajat će u Zagrebu jamačno već postaja šiljačica sa 0.5 kilovata za okrug od 30—50 kilometara polumjera s jednostavnim postajama primalicama s kristalnim detektorom, a za nekoliko stotina kilometara u okrug s postajama primalicama s 1 ili više elektronskih cijevi. Neka ovdje nađe mjesta kao primjer jedna izvedba takve jednostavne postaje primalice s kristalnim detektorom, kako ju izvodi



Sl. 54. Izgrađena postaja primalica sa kontaktnim (kristalnim) detektorom za 30—50 km. od postaje šiljalice po Huthu.

društvo za telegrafiju bez žica u Berlinu Dr. E. Hutha (sl. 54). U sredini poklopca kutije kod *K* je vrtežni kondenzator (variometar) za ugađanje titraja na dužinu dolazećih valova. Kristalni detektor *D* natiče se na svoje stupčiće, a telefonske školjke kod *T*. Jedna se od stezaljaka *A* spoji s antenom, a jedna od stezaljaka *E* sa zemljom. Lijevo se vidi dugme S. Njime se sekundarni svitak (sl. 28.) između antene i kruga detektora može namjestiti u 2 položaja, kako bi vezivanje bilo usko ili široko (str. 67.).

Nisu mnogo različne ni konstrukcije aparata primalaca drugih tvrtki. Svi ti aparati dostaju za okolinu postaje primalice broadcastinga od 30—50 kilometara. Treba za njih još visoka T-antena (str. 71.) na krovu kuće s koje se žica uzduž zida kuće (izolirano od nje!) vodi u stan. Za nuždu se mogu mjesto antene upotrijebiti i žice telefonske, ali je glas slabiji. Pače i žice kućnoga zvonca električnoga gdjekada će poslužiti.



Sl. 55. Izgrađena postaja primalica Siemens i Halske s 3 ormarića *H* pojačalac visoke frekvencije, *A* primalac s audionom, *N* pojačalac niske frekvencije.

Idu li želje preko dosega broadcastinga, e onda dolaze u kombinaciju aparati primaoci s elektronskim cijevima i pojačaoci s tim cijevima. S njima u vezi ulaze i različne baterije. Primalac s 1 cijevi (str. 75.) (audion) seže već do 300—500 kilometara daleko. Priključe li se još pojačalac visoke frekvencije (str. 97.), pa pojačalac niske frekvencije (str. 96.) dobiju se postaje primalice najdaljega (svjetskoga) dosega, koje se dadu oštro ugoditi na svaku dužinu dolazećih valova, koje su vanredno osjetljive, ali ištu i veliku vježbu i vještinu za njihovu dobru poslugu. Nužne baterije traju 5—6 mjeseci. Prema tomu su i cijene. Sl. 55 pokazuje takvu postaju po konstrukciji Siemens i Halske (Berlin). Lijevi ormarić *H* je pojačalac visoke frekvencije, srednji je ormarić *A* pravi primalac s 1 elektronskom cijevi (audion), a treći je ormarić pojačalac niske frekvencije sa 2 cijevi. Na taj se aparat može pri-

ključiti cio niz telefonskih slušalica pa i razglasnici. Tu se zgodno upotrebljava okvirna antena (str. 72.).

3. **Smetnje kod prenošenja glasova.** — Svjetlost se u prostoru rasprostire na sve strane u p r a v c i m a. Valovi svjetlosti i električni valovi iste su biti, tek različni dužinom vala. Prema tomu, ako se i električni valovi šire samo u pravcima, oni na Zemlji po površini njezinoj ne bi mogli daleko dopirati, jer se površina Zemlje savija u kuglu. No budući da vidimo, kako idu i preko oceana, moramo uzeti ili da se i oni savijaju uzduž površine Zemlje, ili, ako se šire samo u pravcima, da se negdje u atmosferi odbijaju, pa tako dođu i do dalekih mjesta. To je pitanje danas još posve nerazjašnjeno. Teorije o tom ne idu amo. — Ako je između šiljača i primaoca v o d a, doseg je 3—4 puta veći nego kod kopna. Utječe i razlika između dana i noći. Tek kod valova iznad 15.000 metara dužine nestaje toga utjecaja. Za taj pojav se uzima kao uzrok vrsta naše atmosfere u visini od 200 kilometara iznad zemaljske površine, u kojoj su drobnice uzduha dobri vodići elektricitete (Heavisideova vrsta). V e g a r d u najnovije vrijeme uzima, da su tamo smrznuti kristali dušika. — I jutarnji i večernji s u m r a k kao da utječu na jakost primljenih glasova. M a r c o n i je opazio kod postaja Clifden i Glace Bay (leže u smjeru istok-zapad!): kod zalaza sunca u Clifdenu postajaše primanje sve slabije, postade najslabije, kada Sunce zalazaše otprilike u sredini između obiju postaja; onda postajaše sve jače, da dođe do najveće jasnoće kod zalaza sunca u Glace Bay. Slična se kolebanja pokazaše i kod izlaženja Sunca. I kod pomrčinâ se Sunca pokazaše slični pojavi. Osobite je vrsti smetnja poznata uz ime »f a d i n g - e f e k t«. Primanje s jedne postaje teče lijepo. Najednoč postaju glasovi sve tiši, pače znadu i posve umuknuti, da nakon kratkoga vremena opet dođu do prvotne jačine (»p o j a v i n e s v j e s t i c e«). Osobito se u nas javljaju ti pojavi kod primanja s engleskih broadcasting-postaja. Ni za taj čudni pojav danas nema jasnoga tumačenja! Bit će da su u vezi s vrstama nejednake gustoće u našoj atmo-

sferi dobro poznatim i važnim u meteorologiji. Možda je fading-efekt i pojav ukrštavanja (interferencije) valova.[1]) I vrste dima kao da mogu izvoditi ovakva kolebanja. Sve u sve: mi smo o uzrocima fading-efekta danas još posve neupućeni.

Vanredno je zanimljiv pojav kod velikih postaja šiljačica primanje kod antipoda t. j. na suprotnoj točki zemaljske površine. Na pr. za velepostaju Nauen (kod Berlina) suprotna je točka na jugu tihoga oceana. Kako glasovi iz Nauena mogu da oblete cijelu Zemlju, već se g. 1918. opazilo, da se osobito dobro primaju u krajevima antipoda (na Novoj Zelandiji). Esau je god. 1921. već izradio i teoriju tih vanredno zanimljivih pojava.

No pored ovih osobitih smetnja u primanju glasova od dalekih postaja nada sve utječu na nj »atmosferne smetnje«. Te amateri svaki dan i kod svakoga primanja na veliku svoju žalost osjećaju na svojoj koži, pa im ogorčavaju znatno užitke. Te smetnje — osobito ljeti — često onemogućuju svako primanje, pa je njihovo ispitivanje i poznavanje za dalji razvitak broadcastinga nada sve važno. Trojake su vrsti te smetnje: 1) glasno i neočekivano momentano praskanje; 2) neprestano zujanje i 3) trajno šuštanje. Prvim se uzrok može naći u dalekom pucanju gromova, drugomu u prelaženju niskih kišnih oblaka ili modro-sivih sniježnih oblaka, koji su jako nabiti elektricitetom, preko antena. Najčešće se javljaju smetnje treće vrsti u svojoj jakosti zavisne od godišnjega doba i od dnevnoga doba. Najjače su ljeti. Kod dužih su valova veće nego kod kratkih. Kao da su im uzroci u velikim osobitim područjima, koja su iznad bregova ili iznad velikih ploha vode. Ta središta smetnja kao da ne ostaju na svom mjestu u prostoru, nego se sele u nekoj vezi sa zračenjem Sunca. Tek smo danas na početku istraživanja tih stvari. Ona čine najvažnije probleme bliske budućnosti telegrafije i telefonije

[1]) Kučera, Valovi i zrake. Str. 36.

bez žica Saznavši i ispitavši strogo naučno te stvari, naći ćemo jamačno i sredstva, da ih umanjimo i uklonimo. Bez stroge nauke ni tu nema pouzdanoga napretka! Kada uspijemo, da ih temeljito znamo, a tek po tom i uklanjamo, onda će tek doći neočekivani porast tehnike u ovoj svojoj najnovijoj grani. Danas još nemamo za to sigurnih sredstava. Pomažemo si širokim vezivanjem (str. 67.), uklapanjem krugova struji, i navlastito primjenom okvirne antene, koja bar najkrupnije smetnje uspješno uklanja. Cio niz patenata već je prijavljen za umanjivanje tih smetnja. Nisu pouzdani. Treba dati vremena tihoj i strogoj nauci fizikalnoj, da im ustrajnim i mučnim radom uhodi tragove. Pokazat će se pri tom za stalno i nove zagonetke. Tu je područje velikoga rada i naučenjaku i tehničaru, a po svoj prilici i ozbiljnomu amateru za bližnju budućnost. Sa željom, da bude okrunjen što brže lijepim uspjesima za telefon bez žica — neka nađu svoj svršetak ove čedne stranice za širenje razumijevanja ovoga najnovijega, veličajnoga izuma čovjekova uma. Ali neka mu bude suđeno, da djeluje samo na dobro čovječanstva, a da ne postane nikada sredstvom moralnoga ili fizičkoga zatiranja, kao što postadoše toliki drugi sjajni izumi!

ALFABETSKO KAZALO.

Brojevi označuju strane knjige.

Amplituda titraja (zamah) 9.
Anri, mjera vlastite indukcije 38.
Anodna baterija 45.
Antena 58.
Atmosferne smetnje 102.
Audion 75.

Baterija grijalica 44.
Braunova postaja šiljačica 61.
Broadcasting 90.

Cijevi jačalice 89.
Cijevni pošiljač 79.
Coulomb, jedinica množine elektr. 27.

Časovita jakost izmjenične struje 34.

Dedektor kontaktni ili kristalni 54., 63.
Direktno vezivanje 60.
Dužina vala 16.

Edisonov efekt 44.
Efekt struje 37.
Efektivna jakost izmj. struje 34.
Efekt pravi izmj. struje 38.
Električna struja 21., 28.
Elektroda-rešetka 48.
Elektromotorna sila 29.
Elektroni 20.
Elektronska cijev titrač 78.
Elektronska cijev s rešetkom 47.
Elektronska struja 47.
Elektronska struja nasićena 46.

Fading-efekt 101.
Farad 27.

Harmonično gibanje 13.
Heavisideova vrsta 101.

Impedancija 36.
Induktivni svitak 36.
Induktivno vezivanje 60.
Iskre gasilice 69.
Izmjenična struja 32.

Jednaka struja 29.

Kapaciteta električna 26.
Katodna cijev usjane katode 43.
Kondenzatori 40.

Magnetoindukcija 22.
Mikrofarad 27.

Napetost elektricitete 26.

Ohm, jedinica otpora 31.
Ohmov zakon 29.
Opticajno iskrište 70.
Optički telegraf 6.
Otvoreni krug titrajni 57.

Pjevajući plamen 77.
Pojačalac glasova 86.
Pojaačoci niske frekvencije 94
Pojačaoci visoke frekvencije 97.
Postaja šiljačica neutišanih valova 77.
Pošiljač valova 18.
Poulsenov lučni titrač 77.
Primalac valova 18.
Princip telefona bez žica 87.
Prividni otpor struje 36.

Razglasnik 93.
Rezonacija 61.
Sklapanje ultraaudiona 95.

Smetnje kod prenošenja glasova 101.
Sustav zvučnih iskara 69.

Široko vezivanje 67.

Telefonski relais 86.
Titrač 18.
Titrač Righiev 53.
Titraj, trajanje (perioda) 10.
Titranje 8.
Titranje, frekvencija (titrajni broj) 10.
Titranje, razlika faze 11.
Treptanje tona 81.

Ultraaudion 82.
Unatražno vezivanje 79.
Usko vezivanje 67.
Utišavanje titraja 14.

Valovi, postanje 15.
Valovi svjetlosti 19.
Valovi, električni 20., 21., 50., 51.
Variometar 62., 67.
Vlastita indukcija 24.
Voltaindukcija 24.
Volt, jedinica napetosti 30.
Voltmetar 31.
Vrtežni kondenzator 62., 66.

Wattmetar 38.

Zamah titraja 9.